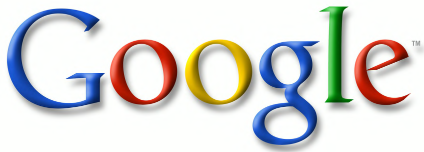
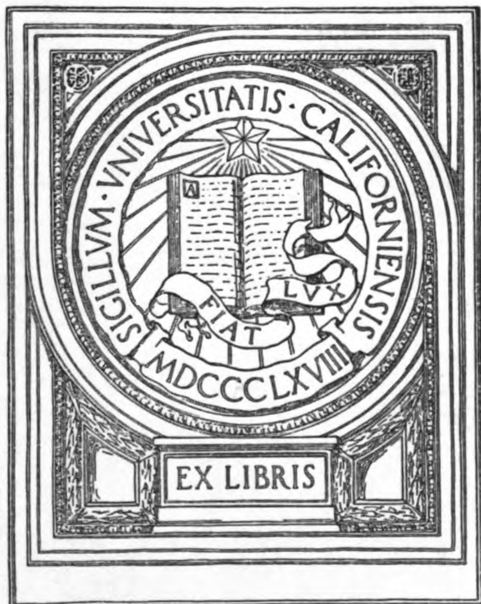



SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
A
FIAT
LVX
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS

Anfangsgründe

der

Physik,

als Vorbereitung

zum

Studium der Chemie.

Von

Dr. Benjami

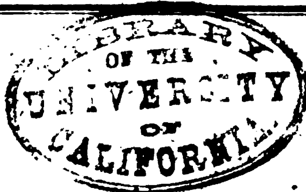
Vierte umgearbeitete und vermehrte Auflage.

Mit fünf Kupfertafeln.

Wien, 1832.
Im Verlage von J. G. Heubner.

Wir mögen in unsern Kenntnissen noch so weit fortschreiten, immer werden wir doch auf das Unbegreifliche stossen.

Berzelius.



Vorrede

zur ersten Auflage,

von Joseph Freyherren v. Jacquin.

Einer vieljährigen Erfahrung bey meinen öffentlichen Vorträgen der Chemie zu Folge, wurde einem großen Theile meiner Schüler, ungeachtet ihres guten Fortganges, die klare Auffassung sowohl der Thatsachen, als der Vorstellungsarten über ihren Zusammenhang, doch dadurch besonders erschweret, weil sie nicht genug ausgebreitete Vorkenntnisse in jenen Lehren der Physik mitbrachten, welche eben zur Begründung, sowohl der deutlichen Darstellung der Erscheinungen, als ihrer Erklärungen in der Chemie dienen müssen. Diese Schwierigkeiten steigen bey den neuesten Fortschritten dieser Wissenschaft in dem Grade, als der Einfluß und die Mitwirkung elektrischer Erscheinungen, wie auch jener des Lichts, der Wärme u. s. f. bey den chemischen Veränderungen, so wie gegenseitig die Erregung der ersteren durch Chemismus immer näher und umständ-

licher beobachtet wurden, und zugleich die Erweiterung der Chemie keine Zeit mehr zu Nachhohlungen aus diesen Theilen der Physik übrig ließ. Der größere Theil jener Jünglinge, die einen Gewerbszweig erwählt haben, zu dessen vortheilhafterer Betreibung gründliche und ausgebreitete Kenntnisse in der Chemie eine unerläßliche Bedingung sind, als: Pharmaceuten, Technologen und rationelle Landwirthe, pflegen sehr zweckmäßig die größere Zahl ihrer früheren Bildungsjahre der vorläufigen Aneignung empirischer Kenntnisse und practischer Fertigkeiten in ihrem Fache zu widmen, und haben daher selten weder Zeit noch Gelegenheit gehabt, einen öffentlichen Unterricht über Physik zu benutzen, an dessen Genuße auch noch ein Theil derselben durch die eingeführten Formen und durch den Vortrag in lateinischer Sprache gehindert wird. Allein selbst jener Theil der Zuhörer, welcher, wie die Mediciner und angehenden Geschäftsmänner, in dem vorgeschriebenen Verlaufe ihrer philosophischen Studien Physik gehört haben, sind in jenen Lehren, welche eben zur Vorbereitung für die Chemie vorzüglich dienen sollen, nicht durchgängig so bewandert, als es zu wünschen wäre; weßwegen die Vielfältigkeit der Gegenstände, denen sie sich zugleich widmen mußten, die kurze Zeit, welche den Lehrern, die noch bedeutende Theile der angewandten Mathematik, als: die Mechanik sammt ihrer Anwendung auf den Bau des Himmels, oder die Astronomie u. s. w. in dem Lehrcurse der Physik vorzutra-

gen haben, für diese nunmehr so weitläufig gewordenen Lehren übrig bleibt, und manche andere Umstände sie zum Theil entschuldigen. Es war daher schon lange mein Wunsch, meinen Zuhörern ein Handbuch empfehlen zu können, worin die dem angehenden Chemisten nothwendigen Lehren der Physik kurz, aber vollständig, mit Beziehungen auf die im gemeinen Leben vorkommenden Erscheinungen, und mit vorbereitenden Andeutungen der in der Pharmacie und in der gesammten Arzeneykunde, dann in den Künsten und in der Landwirthschaft zu machenden Anwendungen vorgetragen wären, um denjenigen, welche schon Physik gehört haben, als eine nützliche und erweiternde Wiederhohlung, jenen aber, die noch ganz ohne Vorkenntnisse sind, als Anleitung zum Selbststudium dienen zu können. Mein Freund und ehemahliger Schüler, Herr Dr. Scholz, welcher während seiner vierjährigen Assistenten-Periode an der hiesigen chemisch-botanischen Lehranstalt das genannte Bedürfniß mit mir gleich stark fühlte, und demselben gelegenheitlich durch mündliche Belehrung zum Theil abzuhelfen strebte, hat diesen Forderungen in gegenwärtigem, auf meine vielfältige Ermunterung geschriebenem Buche zu entsprechen gesucht. Die Studierenden finden hier in möglichster Kürze Alles zusammengetragen, was Beobachtung und Erfahrung über die allgemeinen Eigenschaften und über das Verhalten der Körper unserer Sinnenwelt gesammelt, und was menschlicher Scharfsinn zu ihrer

Erklärung und zur Erleichterung der Vorstellung über die Ursachen derselben bisher ausgedacht hat; dann insbesondere die mit dieser Lehre in Verbindung stehenden Gesetze der chemischen Zusammensetzung, mit den vorzüglichsten Theorien, welche zum Begreiflichmachen derselben bisher erfunden worden sind, nebst einer noch in wenig Handbüchern vorkommenden Auseinandersetzung der von unsern berühmten Zeitgenossen Berzelius und Dalton aufgestellten Lehren über die bestimmten Quantitäts-Verhältnisse, unter welchen die Körper chemische Verbindungen eingehen. Eben so finden sich hier kurze aber vollständige Darstellungen alles dessen, was uns bisher über die Erscheinungen des Lichtes, der Wärme, der Elektricität und Magneticität bekannt ist, nebst den vorzüglichsten Ansichten der neueren Naturforscher über diese Phänomene. Die Beschreibung der Eigenschaften unserer Erd-Atmosphäre im Ganzen und in Beziehung auf ihre Bestandtheile, die Nachweisung ihres Einflußes und ihrer Mitwirkung nicht nur bey den meteorischen, sondern auch bey andern auf der Oberfläche der Erde vorgehenden Phänomenen nach den neuesten Beobachtungen und Theorien, macht den Beschluß. Jede Beziehung auf das gemeine Leben, auf die Pharmacie und auf andere chemische Künste, dann auf die Arzeneykunde ist sorgfältig herausgehoben, so wie die nöthigen Apparate beschrieben, und viel Nützliches in bequemen Tafeln beygefügt. Die Tafeln zur Vergleichung der ver-

schiedenen Maße und Gewichte müssen allgemein, die Anleitung zur Bestimmung des specifischen Gewichtes und zur Aräometrie aber, bey der neuesten Einrichtung der österreichischen Pharmacopöe, vorzüglich den Pharmaceuten, willkommen seyn. Bey der Aufnahme einiger anderen Abhandlungen, welche auch, wie z. B. das Höhenmessen mit dem Barometer u. dgl., mit der Chemie nur in einer sehr entfernten Beziehung stehen, ist auf jenen Theil der Leser Rücksicht genommen worden, welche nach ihren Studienjahren ihre Wohnsitze in Gegenden aufschlagen, wo sie die einzigen Naturforscher sind, um sie in den Stand zu setzen, von dort her für die physische Geographie überhaupt und insbesondere für jene ihres Vaterlandes, interessante Notizen zu liefern. Der gedrängte Vortrag macht dieses Buch geschickt, bey der Kürze eines Leitfadens für Vorlesungen, Denjenigen, welche sich für das Studium der Chemie vorbereiten, zum vollständigen Selbstunterrichte dienen zu können; und dieß um so mehr, da bey den wichtigern Gegenständen immer die Quellen angegeben sind, aus denen der Wißbegierige den ausführlichen Unterricht schöpfen kann. Die Anwendung der höheren Rechenkunst ist, ohne der Klarheit der Darstellung zu schaden, ganz vermieden worden: zwecklos wäre sie hier für die Uneingeweihten, da hingegen Diejenigen, welche in dieser Wissenschaft hinlängliche Fortschritte gemacht haben, ihre Anwendungen selbst zu finden im Stande sind.

Uebrigens erwarte ich durch baldiges Wahrnehmen des wohlthätigen Einflußes dieser Arbeit auf die höhere Bildung meiner Zuhörer im großen Gebiethe der Naturwissenschaft, die gute Absicht des Verfassers erreicht, und dadurch dessen Mühe belohnt zu sehen.

Wien den 30. October 1815.



Vorwort des Verfassers

zur zweyten Auflage.

Bey der Bearbeitung der vorliegenden zweyten Auflage habe ich die Beurtheilungen der ersten Auflage in wissenschaftlichen Zeitschriften, in so fern mir dieselben bekannt geworden sind, stets vor Augen gehabt; auch habe ich den mündlichen und schriftlichen Andeutungen und geäußerten Wünschen meiner Freunde, in so ferne sie sich dem besonderen Zwecke dieses Buches unterordnen ließen, möglichst zu entsprechen gesucht. Diejenigen Leser, welche die erste Auflage kennen, werden sich bald überzeugen, daß die zweyte das Prädicat einer umgearbeiteten und vermehrten verdient; denn nur wenige Paragraphe sind unverändert abgedruckt worden, und an Menge des Gedruckten wird die erste Auflage von der gegenwärtigen beynahe um ein Drittel übertroffen, indem diese statt 33 Druckbogen 41 enthält, und indem über dieß durch eine weder die Deutlichkeit und Bequemlichkeit, noch die typographische Schönheit beeinträchtigende Oekonomie auf dieselbe Bogenzahl um den sechsten Theil mehr gesetzt worden ist. Wen daher die Akustik nicht anspricht, der kann sie als eine Gratis-Zugabe um so leichter ungelesen lassen, da sie, zum Theil aus dieser Rücksicht, an den Schluß des Werkes verlegt worden ist. Das Angeben der einzelnen Veränderungen und Zusätze würde sehr weitläufig werden, und doch bloß das Geschäft der Kri-

tiker etwas erleichtern, ohne dem Unterricht suchenden Leser zu nutzen: Ich bescheide mich sehr gern, daß nur wenige dieser Veränderungen und Zusätze durch das Fortschreiten der Wissenschaft in der Zwischenzeit nothwendig, wohl aber viele bloß durch die Fortschritte des Verfassers in der Wissenschaft möglich geworden sind; doch habe ich mich gehüthet, etwas bloß deßwegen zu sagen, um merken zu lassen, daß es mir nicht unbekannt war. Ich bin zufrieden, wenn man nicht findet, daß ich dem menschlichen Triebe des Bessermachens zu viel nachgegeben habe und in die Verbesserungssucht verfallen bin, und ich werde mich für reichlich belohnt achten, wenn ich durch fremdes Urtheil mein eigenes bestätigt sehe, daß das Buch durch die Veränderungen etwas an Vollkommenheit und durch die Zusätze an Vollständigkeit gewonnen hat.

Wien im Junius 1821.

Scholz.

Vorwort

zur dritten Auflage.

Amtsgeschäfte und die Vollendung des Lehrbuches der Chemie haben mich verhindert, die Anfangsgründe der Physik für die gegenwärtige dritte Auflage früher zu bearbeiten; ungeachtet die Exemplare der zweyten Auflage seit beynahe zwey Jahren gänzlich vergriffen sind. Um nicht das Meiste des im Vorworte zur zweyten Auflage Gesagten zu wiederhohlen, übergebe ich diese dritte Auflage nun dem Publicum mit dem Wunsche, daß die größere Ausführlichkeit, welche den Abhandlungen über die Blitzableiter, über den Elektro-Magnetismus, über die Polarisation, Beugung und Interferenz des Lichtes, über die Dampfmaschinen u. s. w. gegeben worden ist; dann die neue, dem gegenwärtigen Stande der Naturlehre mehr angemessen scheinende Anordnung der Abhandlungen, vermöge welcher jene über Elektricität den ersten Platz einnimmt; so wie die übrigen zahlreichen Zusätze und Veränderungen, bey den Lesern jene Aufnahme finden mögen, deren sich die Umarbeitung zur zweyten Auflage erfreuet hat; damit ich mich, bey dem Bewußtseyn, wie wenig ich zur Vervollkommnung, Bereicherung und Emporhebung dieser, Menschen durch ihre Veredlung beglückenden Wissenschaft beygetragen habe, mit der Ueberzeugung beruhigen könne, das Apostelgeschäft der Verbreitung derselben mit einigem Erfolge getrieben, dadurch sowohl ihr, noch mehr aber Denjenigen, bey denen ich ihren Lehren, durch Erleichterung der Auffassung, Eingang verschaffte, genützt zu haben.

Wien im Januar 1827.

Scholz.

Vorwort

zur vierten Auflage.

Während der Verfasser eines Lehrbuches über Physik oder Chemie noch mit der Herausgabe Einer Auflage beschäftigt ist, liefern die Arbeiten der zahlreichen Naturforscher und die naturwissenschaftlichen Zeitschriften bereits wieder Materialien zu Erweiterungen und Berichtigungen für eine neue Auflage. Ein solches Lehrbuch muß also darauf verzichten, selbst am Tage seines Erscheinens sich mit dem Stande der Wissenschaft auf ganz gleicher Höhe zu finden. So bedaure ich z. B., indem ich dieses schreibe, die Versuche, in denen es Faraday gelungen ist, elektrische Erscheinungen durch die Einwirkung von Magneten hervorzurufen, nicht einige Tage früher gekannt zu haben, um wenigstens in einem Zusatze das gegenwärtige Werk noch damit auszustatten. Wenn dann, selbst schon nach wenigen Jahren, das Bedürfniß einer neuen Auflage eintritt, findet sich eine so große Menge in der Zwischenzeit gesammelter Notizen, daß die Auswahl und die Verbindung derselben mit dem Alten zu einem Ganzen von gleichem Guße die reiflichste Ueberlegung des Verfassers erheischet. Da Amtsgeschäfte meine Zeit und geistige Thätigkeit für ziemlich fremdartige Gegenstände in Anspruch nehmen, so werde ich mich, weit entfernt von dem Dünkel etwas ganz Vollkommnes zu liefern, glücklich schätzen, wenn man an dieser Auflage Spuren wahrnimmt, daß ich die Zeit, welche mir für die Naturwissenschaften übrig blieb, mit jener Vorliebe darauf verwendet habe, mit der man einer Lieblingsbeschäftigung zur Erhohlung nachhänget.

Wien am 28. Februar 1832.

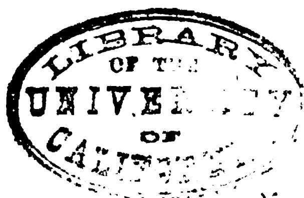
Scholz.

Inhalt.

B.

Imponderabilien.

Nachtrag.



Anfangsgründe der Physik.



Einleitung.

1. Zugleich mit der ersten Thätigkeit der menschlichen Seele, mit dem Bewußtseyn ihrer selbst, entsteht jenes von andern Dingen, welche außer ihr sind und durch die Sinne auf sie wirken, oder Eindruck machen, oder sich ihr offenbaren, oder ihr erscheinen; daher auch Alles das, dessen die Seele sich bewußt wird, eine Erscheinung heißt. Der Inbegriff aller durch die äußeren Sinne wahrnehmbaren Erscheinungen heißt die Natur in materialer Bedeutung, welche auch mit den Ausdrücken Welt, Sinnenwelt, materielle Welt, Weltall bezeichnet wird. Die äußeren Ursachen der Erscheinungen heißen Körper oder Stoffe. In formaler Bedeutung heißt die Natur eines Dinges der innere Grund seiner Eigenschaften und Veränderungen, also das Wesen desselben: so sagen wir z. B.: es liegt in der Natur der Säuren, frische, blaue Pflanzensäfte roth zu färben; so reden wir von der Natur des Menschen, des Goldes, der Erden, des Schwefels u. dgl. m.

2. Der Mensch bemerkt bald den wichtigen Einfluß, den die äußeren Erscheinungen auf ihn selbst haben, und die Abhängigkeit der Dauer und Beschaffenheit seines Daseyns von denselben; daher wünschet er sie näher kennen zu lernen, um ihren unangenehmen Einwirkungen ausweichen, die angenehmen hingegen herbeyführen und vervielfältigen zu können. Durch diese Veranlassung wird seine Wißbegierde gereitzt, und während der nie ganz zu erreichenden Befriedigung bis zu dem uneigennützigsten Streben nach Wahrheit und Gewißheit gesteigert. In dem Besitze der dadurch erlangten Kenntnisse, derer Inbegriff man mit dem Nahmen Naturkunde bezeichnet, besteht die echte, allenthalben anerkannte und geschätzte, mit der conventionellen, fast bey jeder Nation verschiedenen, nicht zu ver-

wechselnde Bildung, und verbunden mit der Kenntniß seiner selbst und mit seiner moralischen Veredlung, die wahre Würde des Menschen.

3. Die Kenntnisse von den natürlichen Dingen waren anfangs bloße Beobachtungen, d. h. einzelne Wahrnehmungen der Naturerscheinungen, die durch Wiederhohlung und Vergleichung zu Erfahrungen erhoben wurden, durch derer Sammlung endlich die Naturkunde entstand, und bis jetzt noch immer bereichert wird. Jede nicht mit diesen Materialien versuchte, oder wenigstens darauf als auf ihrem Grunde ruhende Erweiterung der Naturkunde, war und ist nur scheinbar.

Werden Körper durch absichtliches Zuthun des Beobachters in Verhältnisse gebracht, worin sie gewisse Eigenschaften zeigen, oder die bezweckten Wirkungen äußern können, so heißt die Beobachtung ein Versuch oder ein Experiment. Man kann auch beym Experimentiren Beobachtungen machen, wenn eine dabey wahrgenommene Erscheinung nicht beabsichtiget war: auf solche Beobachtungen gründet sich die Darstellung des Phosphors durch Brandt, die Erfindung des Porzellans durch Böttcher und manche schöne Erfindung der Alchemisten.

4. Die Naturgegenstände lassen sich auf eine zweyfache Art betrachten, nähmlich: entweder isolirt, ohne auf ihr wechselseitiges Einwirken Rücksicht zu nehmen, bloß als coexistirende, unthätige Wesen; oder als thätige, sich wechselseitig verändernde, und also in der engsten Verbindung stehende Dinge. — Werden die natürlichen Dinge als einzelne, für sich allein dastehende Objecte, isolirt, gleichsam im Zustande der Ruhe betrachtet, und bloß die äußeren Merkmahle aufgefaßt, nach denen sie mit einander übereinkommen, oder durch welche sie sich von einander unterscheiden; so erwirbt man jene Kenntnisse von ihnen, derer Inbegriff historische Naturkunde, Naturbeschreibung, am gewöhnlichsten, wiewohl sehr uneigentlich, Naturgeschichte genannt wird. — Werden die Naturwesen aber als verbunden, als auf einander einwirkend betrachtet; werden die Ursachen untersucht, durch welche sie mit einander verbunden sind oder auf einander einwirken; werden die Veränderungen beobachtet, welche durch das wechselseitige Einwirken in ihnen hervorgehen: so beschäftigt man sich eigentlich wissenschaftlich mit der Natur, oder man studieret die Natur in formaler Bedeutung; und der Inbegriff der Kenntnisse, die durch eine solche Betrachtung der Na-

tur erlangt werden, heißt wissenschaftliche Naturkunde, wissenschaftliche Kenntniß der Natur, gewöhnlich Naturlehre.

Geschichte beschäftigt sich nicht mit dem Coexistirenden, sondern mit dem Succedirenden. Allgemeine Naturgeschichte ist also eigentlich ein Erzählen der merkwürdigsten Veränderungen, die sich nach und nach in der Natur ereignet haben; besondere Naturgeschichte ein Anführen der Veränderungen, welche einzelne Dinge erleiden mußten, ehe sie das wurden, als was sie sich jetzt dem Beobachter darstellen. Wie sehr unterscheidet sich z. B. die Beschreibung der Steinkohle von der Geschichte derselben?

5. Alle Wirkungen in der Sinnenwelt sammt den ihnen zum Grunde liegenden Ursachen gehören, dem Obigen zu Folge, in das Gebieth der Naturlehre. — Eine Naturerscheinung erklären heißt, sie auf eine andere Erscheinung als ihre Ursache zurückführen; diese kann wieder Folge einer dritten Erscheinung seyn; und so steigen wir immer von Wirkung zu Ursache, bis wir auf Erscheinungen stoßen, für welche wir keine weitere Ursache anzugeben vermögen, und die wir daher Grundursachen heißen. Auf dem nähmlichen Wege gelangen wir auch zur Erkenntniß der Naturgesetze, welche den Körpern ihre Wirkungsweise unter bestimmten Verhältnissen vorschreiben, und eine Verbindung unter die mannigfaltigen Naturerscheinungen bringen. — Die letzte Ursache aller Erscheinungen oder materiellen Wirkungen, auf die man bisher zu dringen im Stande war, ist Bewegung: keine materielle Wirkung läßt sich ohne Bewegung denken. Weil nun die Naturlehre den Ursachen der Wirkungen nachforscht, so muß sie nothwendig zuletzt immer auf Bewegung kommen, über welche hinaus weiter zu schreiten, ohne sich in Träumereyen zu verlieren, ihr unmöglich ist. Da also Bewegung der Gränzstein ist, an dem alle Forscher in ihren Bestrebungen aufgehalten werden, so hat man sie von allen Seiten sehr genau betrachtet, und ihre geringsten Verschiedenheiten aufgefaßt. Man entdeckte, daß einige Bewegungen deutlich mit den äußeren Sinnen wahrnehmbar sind, andere hingegen in so kleinen Räumen geschehen, daß man sie mit den äußern Sinnen noch nie wahrzunehmen im Stande war, sondern bloß aus ihren Folgen auf sie schließt. Auf diesen Unterschied der Bewegung gründete man jenen von Physik und Chemie.

Die Wissenschaft, welche diejenigen Veränderungen in der Natur umfaßt, die mit sinnlich wahrnehmbarer Bewegung verbunden sind,

heißt **Physik**. Der Nahme Physik bezeichnet demnach die wissenschaftliche Erkenntniß von den Eigenschaften und Veränderungen der Körper als Resultaten sinnlich wahrnehmbarer Bewegung.

Die Wissenschaft, welche sich mit denjenigen Veränderungen in der Natur beschäftigt, die Erfolge innerer, durch die äußeren Sinne nicht wahrnehmbarer Bewegung sind, bey denen auf die vorhergegangene Bewegung nur aus ihren Folgen geschlossen werden kann, heißt **Chemie**. Dieser Nahme bezeichnet daher die wissenschaftliche Erkenntniß von den Ursachen innerer Veränderungen der Naturgegenstände bey nicht unmittelbar wahrnehmbarer Bewegung. Da durch diese inneren Veränderungen das Wesen der Körper verändert werden, und eine Varietät der Materie oder eine Körperform in die andere übergehen muß: so kann man die Chemie auch einen Inbegriff der Kenntnisse von denjenigen Eigenschaften der Körper nennen, die sich nur durch Veränderung des Wesens derselben wahrnehmen lassen. Da ferner, der Erfahrung zu Folge, nur specifisch verschiedene Dinge durch das gegenseitige Einwirken mittelst der unmerklichen Bewegung solche wesentliche Veränderungen hervorzubringen im Stande sind, indem sie sich nähmlich entweder wechselseitig durchdringen und zu einem gleichartigen Ganzen vereinigen, oder sich gegenseitig aus einer schon bestehenden Verbindung absondern: so muß sich die Chemie mit diesen specifisch verschiedenen Stoffen selbst, mit den daraus entstehenden Zusammensetzungen und mit den Ursachen der Verbindungen und Trennungen beschäftigen; sie muß zeigen, wie durch Mischung oder Zusammensetzung, wie durch Entmischung oder Zerlegung, oder wie durch die Veränderung der Mischungstheile neue Körper gebildet werden. Deßwegen wird die Chemie auch mit dem Nahmen **Mischungskunde** oder **Scheidekunst** belegt, wovon aber jeder nur einen Theil ihres Wirkungskreises bezeichnet, welcher die Lehre von der Entstehung specifisch verschiedener Körper sowohl durch Verbindung als durch Trennung umfasset.

Der Nahme **Physik** kömmt von dem griechischen Worte Physis, die Natur (dieses wieder von φυω, nascor, entstehen), und ist also mit Naturlehre in der weitesten Bedeutung, oder noch besser mit Naturkunde richtig übersetzt. Schwieriger ist die Herleitung des Wortes **Chemie**. Einige Etymologen leiten es von der biblischen Benennung des Landes, wohin sie den Ursprung der Chemie verlegen, nähmlich von Aegypten her, welches in der Schrift terra Chami heißt. Nach Ande-

ren hat Chemie ursprünglich das Schwarze im Auge bedeutet, ist dann figürlich zur Bezeichnung des Geheimen und Verborgenen, also auch jenes Theils der Naturlehre gebraucht worden, welchen man für die Wissenschaft von den geheimen Kräften der Natur, und besonders für die Kunst, edle Metalle zu machen, hielt. Aus Chemie ist dann bey den Arabern durch den ihrer Sprache eigenen Vorlaut Al die Benennung Alchemie entstanden. — Oersted nennt sehr passend die Physik Bewegungs-, die Chemie Kraftlehre. Auch wenn man sagt, Physik erkläre jene Wirkungen und bestimme ihre Gesetze, wobey die Körper außer einander sind und bleiben; Chemie aber beschäftige sich mit der Darstellung und Erklärung jener Veränderungen, wobey außer einander befindliche Stoffe sich durchdringen, und durch das Ineinanderübergehen neue Körper bilden, gibt man keine von der obigen wesentlich verschiedene Definition. — Ueberhaupt ist es sehr schwer, durch ganz adäquate und präcise Definitionen eine genaue Gränze zwischen Physik und Chemie zu ziehen. Auch von der gegebenen scheint die der Physik etwas zu eng zu seyn. Ja es wäre selbst nicht räthlich, diese zwey Wissenschaften im Vortrage sehr streng zu trennen; denn die Chemie, deren gründliches Studium überhaupt schon physikalische Kenntnisse voraussetzt, muß öfters zur Begründung ihrer Lehren einzelne Sätze aus der Physik entlehnen; und wie wenige Natur-Phänomene ließen sich in der Physik erklären, wenn man sich aller chemischen Grundsätze enthalten wollte? Aus dieser Ursache und aus noch andern Gründen genehmigt und vindicirt jede der zwey Wissenschaften das verjährte Recht der gegenseitigen Gebiethsverletzung.

6. Alle Naturgegenstände gehören zwey großen, von einander sehr verschiedenen Reichen an: sie sind Individuen entweder der organischen oder der unorganischen Natur. Erstere sind des Lebens in engerer Bedeutung fähig, und während desselben steht ihre Wirkungsweise unter dessen höherem Einfluße. Die Erscheinungen des Lebens und die Gesetze, nach welchen alle Veränderungen in lebenden Organismen erfolgen, machen das Gebieth einer eigenen Wissenschaft, der Physiologie, aus.

Die Benennung Wissenschaft, womit bisher die Physik und Chemie bezeichnet worden ist, verdienen diese zwey Lehren nur dann, wenn man ein systematisches Ganzes der Erkenntniß, in welchem die einzelnen Theile wie Gründe und Folgen zusammenhängen, für Wissenschaft gelten lassen will. Wenn man aber dazu noch fordert, daß die Principien apodictisch gewiß seyen, so kömmt der Physik und Chemie, derer Principien und Gesetze bloß empirisch sind, das Bewußtseyn ihrer Nothwendigkeit also nicht mit sich führen (nicht apodictisch gewiß sind), der

Nahme Wissenschaft in dieser strengen Bedeutung eben so wenig als allen andern Erfahrungslehren zu. Wenn also der Nahme Wissenschaft der Physik und Chemie noch beygelegt wird, so geschieht es in jener weiteren Bedeutung einer systematischen Kunst. — Es wäre zu wünschen, daß wir alle Naturerscheinungen nur auf unsere empirischen Principien und Gesetze zurückzuführen vermöchten, und uns bey vielen nicht mit Hypothesen begnügen müßten, d. h. mit Sätzen, welche nicht von der Erfahrung dictiret sind, sondern welche bloß vermuthungsweise als Erklärungsgründe aufgestellt werden, durch die man, wie durch Mittelglieder, den wahren Zusammenhang zwischen Naturerscheinungen zu finden, oder wenigstens in zahlreiche und mannigfaltige, noch unerklärte Naturerscheinungen Einheit zu bringen hoffet. Eine zulässige Hypothese muß hinreichen, die Erscheinung, zu derer Erklärung sie ersonnen worden ist, der Qualität und Quantität nach zu erklären; sie muß mit keinem andern anerkannten Naturgesetze im Widerspruche, sondern mit allen vielmehr im Einklange und in einer gewissen Analogie stehen. Sehr oft ist man durch Hypothesen zu ausgemachten und zuverlässigen Naturgesetzen gelangt. Beyspiele von guten Hypothesen sind: die Annahme der Imponderabilien, Kepler's Gesetze des Planetenlaufes. Der Abscheu vor dem leeren Raume dagegen, Descartes Wirbel u. dgl. waren schlechte Hypothesen.

7. Die Naturkunde in ihrer Vollendung schwebt uns bis jetzt nur als unerreichtes Ideal vor. Die Physik könnte dann vollkommen genannt werden, wenn sie alle Naturerscheinungen auf Gesetze, die den Forderungen eines unbefangenen Verstandes entsprechen, zurück zu führen und derer Ableitung aus einer gemeinschaftlichen Quelle ungezwungen darzuthun vermöchte: in diesem Falle würde sie aus den gegenwärtigen Erscheinungen alle künftige (z. B. aus der heutigen Witterung die künftige), wie nothwendige Folgen vorherzusagen im Stande seyn. — Die vollendete Chemie müßte alle einfachen Stoffe, alle ihre mannigfaltigen Zusammensetzungen, die Eigenschaften beyder, endlich die Ursachen aller Verbindungen und Trennungen anzugeben im Stande seyn. Auf ihrem jetzigen Standpuncte sind beyde Wissenschaften noch weit von diesem Ziele der Vollendung entfernt, obschon sie seit einem halben Jahrhunderte bewundernswerthe Fortschritte gemacht haben.



A.

Wesen und Grundkräfte der Materie, dann damit in nächster Verbindung stehende Eigenschaften der Körper.

8. Dasjenige, was einen Raum erfüllt, wird Materie, und ein mit Materie erfüllter Raum wird ein Körper genannt. — Wie erfüllt die Materie den Raum? In Beantwortung dieser Frage weichen die Philosophen sehr von einander ab. Zwey Ansichten sind die herrschenden: die Ansicht der Atomisten und die der Dynamisten.

9. Die Atomisten schließen so: Alle durch unsere äußeren Sinne wahrnehmbare Materie ist theilbar, also aus Theilen zusammengesetzt; und wenn auch wegen der unvermeidlichen Unvollkommenheit der Instrumente und der Sinne die Theilung in der Wirklichkeit nicht bis über einen gewissen Grad fortgesetzt werden kann; so läßt sie sich doch noch in Gedanken weiter verfolgen. Dessen ungeachtet aber geht diese Theilung nicht bis ins Unendliche an: der Begriff von Zusammensetzung ist immer nur relativ, und führt nothwendig auf den des Einfachen; denn wenn man in Gedanken die Zusammensetzung aufhebt, so würde, wofern nicht das Einfache übrig bliebe, gar nichts übrig bleiben; und dieses ist doch undenkbar. Das, was also bey der Aufhebung aller Zusammensetzung übrig bleibt, ist das absolut Einfache, welches sie mit dem Nahmen Atom bezeichnen. Diese Atome stellen sie sich als äußerst kleine, feste, harte, schwere, undurchdringliche, träge, bewegliche, weiter gar nicht mehr zerlegbare Theilchen vor. Wenn sich diese in gewissen Entfernungen mit einander verbinden, so stellen sie die verschiedenen Körper dar, die also alle eine Anhäufung von Atomen und leeren Zwischenräumen sind; weßwegen auch der Atomist Porosität als eine wesentliche Eigenschaft jeder Materie annehmen muß. Der Atom selbst ist absolut undurchdringlich; denn in ihm, dem absolut Einfachen, liegt nichts was weichen oder auf einen kleineren Raum beschränkt werden könnte; wenn sich Körper zusammendrücken lassen, so geschieht dieß nur durch Verengerung der

leeren Zwischenräume und durch das Näherrücken der Atome. Die Materie erfüllt also (nach dieser Ansicht) ihren Raum durch ihre bloße Existenz, durch ihr träges Daseyn. Der Atom ist nicht nur die Gränze der physischen oder mathematischen, sondern auch der chemischen Theilung, weil, vermöge der absoluten Undurchdringlichkeit, Atome nur neben einander und nicht in einander gedacht werden können. Von dem Verhältnisse der Atome (des absolut Vollen) zu den leeren Zwischenräumen in den Körpern hängt auch der verschiedene Grad ihrer Dichtigkeit ab. — Woher kömmt es aber, daß sich die Atome mit einander wirklich verbinden, und daß dieselben durch die Verbindung so verschiedenartige Körper bilden? Da der Atom das absolut Einfache ist, so muß er ohne Ausdehnung gedacht werden, in dem Extensiven, z. B. in der Figur, Größe u. dgl. kann demnach der Grund der specifischen Verschiedenheit der Materie nicht gesucht werden. Folglich bleibt nur das Intensive übrig, und dieses kann nur in seinen Kräften bestehen. Wenn daher der Atomist aus seinen Atomen Körper bilden will, muß er sie mit Kräften ausstatten, und zwar nothwendig mit zwey Kräften: mit anziehenden, damit sich die Atome einander nähern und nicht im ganzen Weltraume zerstieben, mit abstossenden, damit sie nicht in Einen Punct zusammen fließen (denn selbst die größte Zahl von Atomen ohne alle Ausdehnung würde für sich keinen ausgedehnten Körper hervorzubringen im Stande seyn), sondern damit in dem Raume, den die Materie erfüllt, das nöthige Verhältniß von Atomen und leeren Zwischenräumen Statt finde. In dem verschiedenen Verhältnisse der anziehenden zu der abstossenden Kraft der Atome finden die Atomisten den Grund nicht nur der verschiedenen Dichtigkeit, sondern auch aller übrigen verschiedenen Bestimmungen, also des specifischen Unterschiedes der Materie.

Die Atomistik hat verschiedene Modificationen erlitten. So geben einige Atomistiker ihren Atomen eine Ausdehnung, die aber so gering ist, daß es Priestley nicht unmöglich findet, die Atome, woraus das ganze Weltgebäude besteht, in eine Nußschale einzuschließen. Andere nehmen an, gleichartige Atome stossen sich ab, ungleichartige ziehen sich an. Andere stellen sich vor, einige Atome ziehen sich an, andere stossen sich ab, ohne einen Grund dieser Verschiedenheit anzugeben, den noch Andere in dem Abstande finden, so daß die Atome in größeren Abständen anziehend, in kleineren abstossend wirken u. s. f.

10. Der Dynamist sagt: Die Materie nimmt ihren Raum

nicht durch ihre bloße Existenz ein, sondern sie erfüllt ihn durch bewegende Kräfte. Wenn z. B. der Körper A in den Raum eindringen will, welchen der Körper B inne hat, so kann er dieses nur durch eine Bewegung, wodurch er sich dem Körper B nähert. Der Körper B kann das Eindringen des Körpers A nur dadurch hindern, daß er der Bewegung desselben Widerstand leistet; dieses kann er aber nur durch eine Bewegung in entgegengesetzter Richtung thun, wodurch er den Körper A von dem weitern Annähern abhält; eine solche Kraft nennen wir eine abstossende: folglich erfüllt oder vielmehr vertheidigt die Materie ihren Raum durch abstossende Kraft. Auf diesem Erfüllen des Raumes durch abstossende Kraft beruht die Undurchdringlichkeit der Materie, welche immer als ihr wesentlichstes Merkmahl angenommen worden ist: denn die abstossende Kraft kann wohl durch eine andere ihr entgegenwirkende Kraft auf einen kleinern Raum beschränkt, und also die Materie als solche (und nicht bloß die leeren Zwischenräume) zusammengedrückt werden; allein da die abstossende Kraft wie jede andere in dem Verhältnisse zunimmt, als die Sphäre ihrer Wirksamkeit verengt wird, so wächst auch in diesem Verhältnisse der Widerstand, den sie der zusammendrückenden Kraft leistet; wenn der Raum unendlich klein würde, so würde der Widerstand unendlich groß, also von keiner endlichen Kraft zu überwinden. Es kann folglich kein Theil der Materie, d. h. der Raum ihrer Ausdehnung, die Sphäre, in der die Kräfte wirken, durch Zusammendrücken ganz aufgehoben werden, oder die Materie ist undurchdringlich. Diese mechanische Undurchdringlichkeit (Impenetrabilitas) ist aber von der chemischen (Impermeabilitas) sehr verschieden. Von letzterer gilt bey weitem nicht das, was eben von der ersteren gesagt worden ist. Denn ein Körper kann sehr wohl von einem andern chemisch durchdrungen werden. Wir sehen dieß bey der Auflösung, wo zwey verschiedene Stoffe sich so mit einander verbinden, daß kein Theil des einen angetroffen wird, der nicht mit einem Theile des andern in derselben Proportion wie das Ganze verbunden wäre. Dieses ist nur möglich, wenn jeder der zwey Körper denselben Raum ganz einnimmt, und dieses wieder nur dann, wenn sie denselben nicht aus einander, sondern in einander erfüllen, in welchem Falle wir die Materien durchdrungen heißen. Hierbey wird, wie man sieht, die Ausdehnung keines Körpers aufgehoben, sondern nach der Auflösung nehmen sie

bloß, statt außer einander, in einander (per intussusceptionem) einen Raum ein, der mit dem durch die Verbindung erlangten Grade von Dichtigkeit im umgekehrten Verhältnisse steht. Wie in der Mechanik zwey Bewegungen von verschiedener Richtung in Eine von beyden verschiedene dritte (diagonale) zusammenfließen, so scheinen die Kräfte zweyer sich auflösender Körper zusammen zu fließen, und einen dritten von beyden verschiedenen darzustellen. Chemische Permeabilität ist also nach der dynamischen Ansicht eine Eigenschaft der Materie.

Obschon die Repulsivkraft den Grund der Undurchdringlichkeit der Materie enthält; so ist sie allein zur Construction der Materie doch nicht hinreichend. Denn da diese Kraft, obschon sie in umgekehrtem Verhältnisse mit der Ausdehnung schwächer wird, doch nirgends ganz aufhört; so würde die Materie, wenn sie der abstoßenden Kraft allein folgte, innerhalb keiner Gränzen der Ausdehnung gehalten seyn, sich also ins Unendliche zerstreuen, so daß in keinem anzugebenden Raume eine anzugebende Quantität Materie vorhanden, also eigentlich aller Raum leer oder gar keine Materie da seyn würde. Die Repulsivkraft muß daher durch eine entgegengesetzt wirkende, also durch eine zusammen- oder anziehende Kraft beschränkt werden. Zur Erzeugung von Materie gehört folglich nebst der abstossenden auch nothwendig eine anziehende Kraft, damit die zwey Kräfte sich wechselseitig beschränken; denn auch durch bloße anziehende Kraft ist keine Materie möglich, weil sie, wenn sie dieser Kraft allein folgte, sich so lange in einen kleinern Raum zusammenziehen würde, bis sie in einem mathematischen Puncte zusammenflöße, und also den Raum wieder leer, d. h. ohne alle Materie ließe; und weil man sich überhaupt keine Kraft denken kann, ohne einen Gegenstand, an dem sie sich thätig beweiset, also ohne eine entgegenwirkende Kraft. Anziehungs- und Zurückstossungskraft gehören folglich zum Wesen der Materie, und Körper existiren durch ein gewisses Gleichgewicht dieser Kräfte, in welches sie sich durch wechselseitige Beschränkung versetzen.

Da die Materie den Raum durch bewegende Kräfte erfüllt, diese aber nach allen Seiten und continuirlich wirken, keine leeren Zwischenräume lassen, wo sie nicht wirken, so erfüllt die Materie den Raum stetig, und muß folglich eben so theilbar seyn, wie der Raum selbst: nun ist der Raum ins Unendliche theilbar (d. h.

seine Theile können ins Unendliche unterschieden, wenn auch nicht bewegt, folglich auch nicht getrennt werden), es muß also auch die Materie ins Unendliche theilbar seyn, d. h. bey noch so lange fortgesetzter Theilung kömmt man auf keine einfachen Theile. — Durch ihre Kräfte erfüllt die Materie den Raum wohl ganz und stetig, allein sie kann ihn doch nach der Stärke und nach dem Verhältnisse dieser Kräfte in verschiedenem Grade erfüllen: eine Wage ist eben so gut im Gleichgewichte, wenn in jeder Schale ein Gran, als wenn in jeder ein Zentner liegt. Darauf beruht die verschiedene Dichtigkeit der Materie. Aus dem verschiedenen Verhältnisse dieser zwey Grundkräfte erkläret der Dynamist auch (freylich auf eine nicht ganz befriedigende Art, doch wenigstens eben so bündig als der Atomist) den specifischen Unterschied der Materie, d. h. die Verschiedenheit ihrer Wirksamkeit auf unsere Sinne, und die Mannigfaltigkeit der wechselseitigen Wirksamkeit der Körper unter einander; oder er leitet alle Kräfte der Materie aus diesen zwey Grundkräften ab.

Die Quantität des Raumes, den ein Körper durch seine bewegenden Kräfte nach drey Dimensionen erfüllt, heißt sein Umfang, Volumen, seine Größe oder seine Ausdehnung. Die Gränzen dieser Ausdehnung oder die Qualität des erfüllten Raumes, bestimmen seine Figur; die in diesem Umfange enthaltene Menge von Materie seine Masse; das Verhältniß endlich der Masse eines Körpers zu seinem Umfange seine Dichtigkeit. Nebst der Undurchdringlichkeit sind Ausdehnung und Figur, wozu Einige auch noch die Beweglichkeit, d. h. die Fähigkeit zählen, den eingenommenen Raum mit einem andern zu vertauschen, nothwendige Eigenschaften jeder Materie, denn sie sind nothwendige Attribute jeder Raumerfüllung. Noch mehrere allgemeine Eigenschaften der Körper, welche aus diesen folgen, werden bey andern Gelegenheiten vorkommen. — Die Dynamistik findet man vollständig entwickelt in »Imm. Kant's metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft. Riga, 1787.« Doch ist auch diese Lehre mannigfaltig modificirt worden. So nennt z. B. Oersted die beyden Grundkräfte, wegen ihrer vorzüglichen Thätigkeit beym Verbrennungsprozesse, Zündkraft und Brennkraft, und nimmt an, daß jede für sich expansiv, beyde gegenseitig aber contractiv wirken (Oersted's Ansicht der chemischen Naturgesetze. Berlin, 1812.).

11. Wenn man die beyden Ansichten der Natur vergleicht; so findet man, daß die Atomistik zur Erklärung der Entstehung der Materie eigentlich schon Materie annimmt; denn was sind wohl

sonst ihre mit anziehender und abstoßender Kraft begabten Atome? Dann sind die Grundpfeiler der Corpuscular-Philosophie: Atome, leere Räume, absolute Undurchdringlichkeit der ersteren, Erfüllen des Raumes durch bloße Existenz u. dgl. m. nur willkührliche Annahmen, die der Phantasie ein zu großes Feld einräumen. — Die Dynamistik, welche die Materie ihren Raum durch Kräfte erfüllen läßt, vermeidet jenen Zirkel, und folgert nicht mehr, als die Erscheinungen sie berechtigen. Materie ist für uns nur in so ferne da, als wir sie durch die äußeren Sinne wahrnehmen. Was wir durch die Sinne wahrnehmen, muß von Außen auf sie wirken. Wir können uns keine Wirkung ohne Ursache denken, und nennen die unbekannte Ursache bekannter Wirkungen eine Kraft (indem wir bey dem Gebrauche dieses Wortes jedes Mahl ein freywilliges Bekenntniß unserer Beschränktheit und Unwissenheit ablegen). Wir sind also bey der Wahrnehmung der Materie bloß zu dem Schlusse berechtigt, daß im Raume etwas Wirksames ist, oder daß Kräfte dort walten; und Materie ist für uns nichts Anderes, als erscheinende Thätigkeit; oder Materie und Thätigkeit ist für uns Eins, d. h. wenn bestimmte Kräfte unter bestimmten Verhältnissen zum Raume zusammen treten, so erscheinen sie uns als Materie. Wenn man noch etwas Anderes, eine ganz unwirksame Materie, also ein Unding, als Substrat, als Trägerinn dieser Kräfte annimmt, so entfernt man sich von der Erfahrung, und verirret sich in das Gebieth der dunklen Vorstellungen, wohin weder der Verstand, noch eine gesunde Phantasie folgen können. Wenn auch die Atomistik unter den Mathematikern noch immer Vertheidiger findet, so spricht die Dynamistik dafür den Chemisten mehr an, indem er nach dieser die in seinem Fache vorkommenden Erscheinungen leichter erkläret. Der Chemist sieht z. B. daß die Theile zweyer Körper nach der Auflösung sich nicht neben einander, sondern in einander befinden, daß also eine chemische Durchdringung Statt gefunden hat; diese ist nur dann denkbar, wenn die Materie ins Unendliche theilbar so wie der Raum selbst ist; ins Unendliche theilbar kann sie nur dann seyn, wenn sie ihren Raum mit Stetigkeit erfüllt; den Raum stetig erfüllen kann sie nicht durch ihre bloße Existenz, sondern nur durch bewegende Kräfte.

Da nach der dynamischen Ansicht Alles, was in der Natur ist, thätig ist, und was nicht thätig ist, auch nicht ist; da Alles durch Thä-

tigkeit wird, besteht und vergeht, und die gewordenen Dinge nur durch Thätigkeit in Wechselwirkung treten: so ist Thätigkeit der Grund und das Wesen aller Dinge oder Erscheinungen. Der Tod, wenn man damit den Zustand einer vollständigen Unthätigkeit bezeichnen will, wird durch die dynamische Ansicht aus der Natur verbannt, und die rege Thätigkeit des Lebens in die sonst für todt gehaltenen Massen gebracht. (s. Der Geist des Menschen in seinen Verhältnissen zum physischen Leben, oder Grundzüge zu einer Physiologie des Denkens, von Ph. Carl Hartmann. Wien 1820; bey C. Gerold.)

12. Man mag sich nun aber zu einem oder dem andern Systeme bekennen, so sieht man, daß auf die anziehende und abstossende Kraft in beyden das Meiste, in der Dynamistik sogar Alles gebauet ist; daß diese zwey Kräfte also entweder die Materie selbst oder doch ihre wesentlichsten Grundeigenschaften sind. Sie müssen daher näher betrachtet werden. Zuerst soll von Bewegung im Allgemeinen, dann von der Anziehung, endlich von der Zurückstossung insbesondere gehandelt werden.

Bey der Behandlung der Gegenstände in diesem Werke ist die dynamische Ansicht zum Grunde gelegt. Wenn daher auch manches Mahl von kleinsten Theilen der Körper die Rede ist, so sind darunter nicht Atome zu verstehen, sondern sie sind in dem Sinne zu nehmen, in welchem die Franzosen das Wort *molecule* gebrauchen. Man bedient sich dieses Ausdruckes, weil es zu gewissen Erklärungen nothwendig oder wenigstens bequem ist, sich die Körper in sehr kleine Theile getheilt zu denken; so wie der Mathematiker sich die Linie manches Mahl aus kleinen Puncten, Flächen aus Linien, und Körper aus sehr feinen Schichten oder Flächen bestehend vorstellt, obschon dieses unmöglich wäre, wenn er diese drey Ausdrücke in der strengsten Bedeutung nähme. Die Naturforscher, welche das Wort Atom in diesem Sinne brauchen, sind also nicht für Atomisten zu halten, indem sie sich desselben bloß als eines bequemen Ausdruckes bedienen, und die Ausmittlung der Entstehung und des Wesens der Materie, wodurch ihre weiteren Forschungen weder begünstigt noch gehemmt werden, mit Recht den Metaphysikern überlassen. Die heutigen Chemisten bezeichnen in der Stöchiometrie mit dem Worte Atom die verhältnißmäßigen Gewichtsmengen, welche ungleichartige Körper bey ihren chemischen Verbindungen zur wechselseitigen Sättigung bedürfen, wie weiter unten erhellen wird.

A.

Von der Bewegung.

13. Jeden Körper müssen wir uns im Raume vorstellen, da ein Körper selbst nichts anderes als ein begränzter, mit Materie erfüllter Raum ist. Den unbegränzten, großen Raum, in dem wir uns alle Körper denken müssen, heißen wir den absoluten Raum. Ein in gewisse Gränzen eingeschlossener Theil des absoluten Raums heißt relativer Raum: unser Sonnen-System, unsere Erde, das Billard-Bret, das Zifferblatt der Uhr u. dgl. m. sind relative Räume. Der Theil des Raumes, den ein Körper erfüllt, heißt sein Ort. So lange ein Körper an demselben Orte bleibt, ruht er; in Bewegung ist er, wenn er seinen Ort entweder als Ganzes betrachtet verändert, oder wenn ihn einzelne Theile desselben verändern: eine fortgestossene Kugel verändert ihren Ort als Ganzes; eine um ihre Achse gedrehte Kugel kann mit ihrer Achse an demselben Orte bleiben, nur die von der Achse entfernten Theile verändern ihren Ort. Die Ortsveränderung im absoluten Raume heißt absolute Bewegung. Da diese kein Gegenstand der äußeren Sinne seyn kann, so liegt sie außer dem Felde unserer Wahrnehmung. Verändert aber ein Körper im relativen Raume seinen Ort, so muß er sich den Gränzen desselben (des relativen Raumes) entweder nähern, oder sich davon entfernen: diese relative Bewegung läßt sich also wohl wahrnehmen. Eben so gibt es eine absolute und relative Ruhe. Man nennet häufig Bewegung oder Ruhe in einem größeren Raume in Vergleich mit Bewegung oder Ruhe in einem kleineren Raume, schon absolut. Ein Körper kann relativ (in einem kleineren Raume) ruhen, und absolut (im Verhältnisse zu einem größeren Raume) sich bewegen. Z. B. ein in einem segelnden Schiffe ruhig sitzender Mensch, ein Knabe, der sich schaukeln läßt; alle ruhenden Erdbewohner werden mit großer Schnelligkeit bewegt, indem sich die Erde um die Achse und um die Sonne dreht. Auch relative Bewegung bey absoluter Ruhe ist möglich: z. B. wenn ein Mensch vom Vordertheile des Schiffes zum Hintertheile mit derselben Geschwindigkeit geht, mit welcher sich das ganze Schiff vorwärts bewegt; Thiere im Tretrade, auf der Tretscheibe.

Kant definirt die Bewegung als die Veränderung der äußeren Verhältnisse eines Dinges zu einem gegebenen Raume. — Da unseren Sinnen die Bewegung nur durch eine Vergleichung der Lage der Körper gegen einander wahrnehmbar wird, so gäbe es gar keine wahrnehmbare

Bewegung, wenn nur Ein Körper existirte. Selbst dann wird die Wahrnehmung der Bewegung schon schwierig, wenn der Gegenstand der Vergleichung sehr entfernt, oder im Geringsten zweifelhaft ist: so haben die Bewohner des Erdballes durch Jahrtausende nichts von der Bewegung desselben geahnet; weil sich diese nur durch die Vergleichung der Lage desselben gegen die Gestirne erkennen läßt. Dem Gesagten zu Folge muß es auf unsere Sinne denselben Eindruck machen, ob ein Körper sich in einem gewissen Raume (worin sich die Gegenstände der Vergleichung befinden) beweget, oder ob der Körper ruhet, und dieser Raum (mit den Gegenständen der Vergleichung) sich in entgegengesetzter Richtung beweget. Daher die Täuschung, deren wir erst durch andere Gründe Meister werden können, daß das Ufer sich vom Schiffe, nicht dieses sich von jenem entferne. Daher mußte die sinnliche Wahrnehmung durch eine große Zahl anders woher gehohlter Vernunftschlüsse unterstützt werden, ehe man zu der Ueberzeugung gelangte, daß die Erde jährlich um die Sonne, nicht diese um jene sich beweget; daß der Sternenhimmel nicht täglich um die Erde kreiset, sondern daß die letztere sich um die Achse drehet u. dgl. Umgekehrt scheint sich in gerader Richtung mit uns jeder Körper zu bewegen, der (z. B. seiner großen Entfernung wegen) bey unserer eigenen Bewegung seine Lage gegen uns nicht merklich ändert: daher scheint der Mond in paralleler Richtung mit Demjenigen zu laufen, der ihn während des Laufens unverwandt ansieht u. dgl. m. Man pflegt demnach auch wirkliche und scheinbare Bewegung zu unterscheiden.

14. Bey jeder Bewegung kommt zu betrachten: die Bahn, die Richtung, die Geschwindigkeit, die Ursache und die Wirkung derselben.

15. Der Weg oder die Bahn wird durch die Reihe der Orte gebildet, welche der bewegte Körper nach und nach einnimmt. Da man bey der Betrachtung der Bewegung in ihrer größten Einfachheit von der Ausdehnung des bewegten Körpers absieht, und sich denselben als einen Punct vorstellet, so wird die Bahn, bey welcher es jedes Mahl nur auf die Ausdehnung nach Einer Richtung, also auf die Länge ankommt, durch eine Linie bezeichnet, deren Länge und Gestalt das Quantitative und Qualitative der Bewegungsbahn ausdrucken. In der letzten Beziehung ist die Bahn geradlinig oder krummlinig.

16. Die Richtung der Bewegung wird durch die gerade Linie bezeichnet, in welcher der Körper sich während jedes Augenblickes bewegt. Wenn die Richtung durch die ganze Dauer der Bewegung die-

selbe bleibt, so ist die Bewegung geradlinig; wird aber die Richtung während der Bewegung unaufhörlich geändert, so beschreibt der Körper eine krummlinige Bahn, und die Richtung wird in jedem Augenblicke durch die gerade Linie gegeben, welche die krumme Linie in dem entsprechenden Puncte berühret (also durch die Tangente). Wenn die krumme Linie, welche der Körper nicht in entgegengesetzter, jedoch nach demselben Gesetze veränderter Richtung durchläuft, wieder in sich selbst zurückkehrt, so heißt die Bewegung circulirend, Kreisbewegung oder Central-Bewegung, z. B. die Bewegung der Planeten um die Sonne. Bey der rotirenden Bewegung drehet sich der Körper um seine eigene Achse, wobey er seinen Ort als Ganzes entweder behält oder verändert: im letzten Falle hat der rotirende Körper zugleich eine progressive Bewegung. Legt ein Körper wiederhohlt denselben Raum, aber wechselweise in entgegengesetzter Richtung zurück, so nennt man die Bewegung schwankend oder oscillirend, z. B. die Bewegung eines Pendels. Mit der letzten ist die bebende oder zitternde Bewegung, welche bey einer gewissen Geschwindigkeit aufhöret sichtbar zu seyn, dafür aber durch das Gehör wahrnehmbar wird, und den Schall hervorbringt, z. B. die Bewegung einer geschlagenen Glocke, einer tönenden Saite u. dgl. m. nahe verwandt.

17. Da ein Körper zu gleicher Zeit nicht an zwey Orten seyn kann, so braucht er zu seiner Ortsveränderung, also zu jeder Bewegung, eine gewisse Zeit. Das Verhältniß der verwendeten Zeit zu dem durchlaufenen Raume gibt die Geschwindigkeit. Derjenige Körper, der in kurzer Zeit einen großen Raum zurücklegt, bewegt sich geschwinder als derjenige, der in langer Zeit einen kleinen Raum beschreibt. Wenn die Zeiten gleich sind, so verhalten sich die Geschwindigkeiten gerade wie die Räume: wenn das Pferd A in einer Stunde 12,000 Klaftern, das Pferd B auch in einer Stunde nur 6000 Klaftern weit läuft, so verhält sich die Geschwindigkeit des Pferdes A zu der des Pferdes B wie 12:6 oder 2:1, oder das Pferd A läuft noch Ein Mahl so geschwind wie das Pferd B. Sind die Räume gleich, so verhalten sich die Geschwindigkeiten umgekehrt wie die Zeiten: ein Wagen macht den Weg von Wien nach Laxenburg in 60 Minuten, ein Schlitten in 30 Minuten; die Geschwindigkeit des Schlittens verhält sich also zu der des Wagens wie 60:30 oder wie 2:1, oder der Schlitten fährt noch Ein Mahl so geschwind wie der Wagen. Wenn

Räume und Zeiten ungleich sind, so erhält man die Geschwindigkeiten, wenn man die Räume durch die Zeiten dividirt. Wenn bey einem Wettrennen der Schimmel 1024 Fuß in 8 Minuten, der Rappe hingegen 960 Fuß in 10 Minuten durchläuft; so verhält sich die Geschwindigkeit des ersteren zu der des letzteren wie 128:96, oder wie 4:3. Die Räume, welche die bewegten Körper durchlaufen, verhalten sich, wie die Producte aus den Zeiten in die Geschwindigkeiten: gehen z. B. zwey Menschen mit ungleichem Schritte eine gleich lange Zeit, so kommt der geschwindere weiter; gehen sie mit gleichem Schritte, aber mit ungleicher Dauer, so kommt der länger aushaltende weiter.

Der Kürze halber drückt man die Geschwindigkeit gewöhnlich durch die Zahl Fuße aus, welche der bewegte Körper in einer (Sexagesimal-) Zeitsecunde durchläuft. Beyspiele einiger wegen ihrer Geschwindigkeit merkwürdiger Bewegungen (in Wiener-Fuß in 1 Secunde):

Mittlere Geschwindigkeit der Flüsse	3—4
» » » der Donau	5—6
» » » des Amazonen-Flußes	7,5
» » » der Linth	12
Die Geschwindigkeit der am schnellsten fließenden Ströme steigt selten auf	13
Das aus dem durch einen Gletscher gebildeten See im Banienthale nach durchbrochenem Eisdamme am 16. Januar 1818 mit großen Verheerungen abfließende Wasser hatte eine Geschwindigkeit von	33
Mäßiger Wind	10—15
Sturm	40—60
Orkan von Kraft in Petersburg beobachtet	124?
Geschwindigkeit des Schalles in eiskalter Luft	1057
» » » » in Wasser	4830
» » » » in Messing	11329
» des Rauches in einem 60 Fuß hohen Schornsteine	14
» des Rauches in einem 100 Fuß hohen Schornsteine	28
» eines mit aller Kraft aus der Hand geworfenen Steines	6
» einer Bleykugel von 3/8 Zoll im Durchmesser, aus dem 4 Fuß langen Laufe einer Windbüchse geschossen, in deren Flasche die Luft 100 Mahl verdichtet ist	640
» einer Kugel aus einer österr. Militär-Muskete	1200
» einer Kanonenkugel gleich nach dem Abschießen höchstens	1800
» eines Punctes am Aequator bey der Achsendrehung der Erde	1500
» des Erdballes auf seiner Reise um die Sonne	97440
» einer Schnecke	0,005

Geschwindigkeit des Marschirschrittes, womit das Militär eine österr. Meile in 100 Minuten zurücklegt	4
» des Manövrirschrittes	3.2
» Dublirschrittes	5
» der Cavallerie im gewöhnlichen Marschschritte	4,8
» im Trotte	13,3
» im Galloppe	26,6
» einer Fliege beym gewöhnlichen Fliegen, wobey sie 600 Flügelschläge in 1 Secunde machen soll	5
» einer Fliege, wenn sie in Gefahr ist, mit 4000 Flügelschlägen über	30
» eines Falken, der den 270 geogr. Meilen betragenden Weg von Fontaineblau bis Malta in weniger als 24 Stunden zurückgelegt haben soll	72
» eines Adlers, der in 1 Stunde 15 geogr. Meilen durchfliegen kann	96
» der Tauben, die mit Briefen einen Weg von 50 Meilen in 2 1/4 Stunden zurückgelegt haben sollen	138
» eines guten Pirutsch-Pferdes	12
» eines Rennthiers in einem Schlitten	26
» eines Luftballons, der den Weg von Paris nach Rom = 176 geogr. Meilen, in 22 Stunden zurücklegte	52
» eines geübten Schlittschuhläufers	38
» eines gewöhnlichen Wallfisches (9 engl. Meilen in einer Stunde)	13
» einer Balaena physalis (12 engl. Meilen in 1 Stunde)	17
» eines schwimmenden Eisbärs (1 franz. Meile in 1 Stunde)	4
» eines Windhundes	81
» der Pferde auf der Rennbahn von Newmarket, wovon jedes eine engl. Meile höchstens in 2 Minuten zurücklegen muß, wie auch eines ungrischen Pferdes bey dem Wettrennen in Ekaterinoslaff am 2. July 1830 (6 Werste in 8 Minuten)	42
» des Wettrenners Sterling oder Eclypse, welcher um 2000 Pf. Sterl. verkauft wurde, und welcher bey einem Ausstrecken 19 Fuß Weg bedeckte	80
» des amerik. Trabbers Rattler, welcher im Trotte 10 engl. Meilen in 30 Min. 40 Sec. zurücklegte	27,7
» des amerik. Trotters Tom. Thumb, welcher gewöhnlich 100 engl. Meilen in 10 Stunden zurücklegte	14

Ein Wettrenner kann im Anfange des Laufens 87 W. F. in 1 Secunde zurücklegen, indem er in 1 Sec. 4 bis 5 Sprünge machet.

Ein Kamehl legt in einem Tage 12 bis 15 Meilen zurück.

Ein kanadischer Indianer macht mit einer Last von 70 Pfund täglich 7 deutsche Meilen, als Eilbothe in einem Tage 16 deutsche Meilen.

Im May 1824 segelte ein Schiff von Calais nach Cork, eine Strecke von 500 engl. Meilen, in 48 Stunden, also in 1 Secunde 14 W. F. Dieselbe Geschwindigkeit hatte das Packetboth Edr. Bonnafé, welches den Weg von New-York nach Havre, in gerader Linie 1075 franz. Meilen in 16 Tagen, also mit den unvermeidlichen Umwegen täglich wenigstens 50 deutsche Meilen zurücklegte. Cap. Alfr. Chapman fuhr mit dem Schiffe Wellington im Jahre 1829 während 81 Tagen aus den Dünen in England nach Calcutta. Die früher bekannte schnellste Fahrt der Medusa aus England nach Ostindien war 84 Tage. Das Dampfboth The President fuhr von New-York nach Providence bey starkem Gegenwinde in 14 Stunden.

Einige Landkutscher fahren von Manchester nach Sheffield 48 engl. Meilen auf der bergigen Straße durch Derbeshire in 4 Stunden, also in 1 Sec. 5 W. F. — Der Dampfwagen Navelty fuhr am 17. December 1829 den ganzen Tag auf der Eisenbahn zwischen Manchester und Liverpool, bald 25 bald 30, manchmahl gegen 40 engl. Meilen in 1 Stunde, also 35,3 bis 42 bis 56,5 W. F. in einer Secunde. Stephenson fuhr Ende Novembers 1830 mit dem Dampfwagen Planet von Liverpool nach Manchester 1 Stunde, und verwendete von diesen 60 Minuten zwey zum Schmieren der Maschine. Eine Taube flog in 5 Stunden von Lyon nach Lüttich (125 franz. Lieues), also in 1 Sec. 97 W. F. West lief in 16 Sec. 463 W. F., also in 1 Sec. beynahe 29 W. F. — Farguharson lief am 13. November 1821 im Hydepark 1 engl Meile in 4 Minuten und 6 Sec. in 4 Absätzen, indem er bey jedem Absatze durch 5 Minuten stehen blieb, um wieder zu Athem zu kommen: Geschwindigkeit in 1 Sec. 20,7 W. F. — Wertwood lief in 4 Min. und 52 Sec., doch so, daß er nach der zweyten Minute durch 5 Min. rastete, 1 engl. Meile oder 17,3 W. F. in 1 Sec. — Cap. Huith ging 5 engl. Meilen in 30 Min., Duttry aber dieselbe Strecke bey schlüpfrigem Boden und regnerischer Witterung in 28 Min und 45 Sec., also beynahe 15 W. F. in 1 Sec. — Rainer, ein berühmter englischer Fußgänger, machte eine Wette, 100 engl = 21,2 österr. Meilen, in 18 Stunden (also 7,36 W. F. in 1 Secunde) zu gehen. Die ersten 6 österr. Meilen machte er in 4 Stunden (also 10 W. F. in 1 Sec.). Nach einer Erfrischung setzte er seine Reise fort, indem er in jeder Stunde 1,5 österr. Meilen machte, bis er in 10 Stunden 12,7 österr. Meilen (8,5 W. F. in 1 Sec.) zurückgelegt hatte, und dann immer langsamer noch 1,7 österr. Meilen ging, bis er durch convulsivische Zustände gezwungen wurde, seine weitere Reise auf-, und seine Wette verloren zu geben. Zwey Engländer gingen im Schritte 15 engl. Meilen in 2 Stunden 46 Min 17 Sec., also 7,7 W. F. in 1 Secunde. — Josiah

Caton, 46 Jahre alt, soll 1100 engl. = 232 österr. Meilen in 1100 nach einander folgenden Stunden (1,4 W. F. in 1 Sec.) gemacht haben. — Conyngham legte in 53 nach einander folgenden Stunden einen Weg von 200 engl. = 42,5 österr. Meilen (also in 1 Sec. 5,34 W. F.) zurück. — Steer machte einen hügeligen Weg von 112 engl. Meilen in 37 Stunden (also 4,3 W. F. in 1 Sec.). — Abemelly, 25 Jahre alt, ging einen Rundweg von 260 engl. Meilen in 4 Tagen (also 4 W. F. in 1 Sec.). — J. Tenney, 50 Jahr alt, ging von London nach York und zurück (400 engl. oder 85 österr. Meilen) in 5 nach einander folgenden Tagen (also 5 Fuß in 1 Sec.). Lieutenant Haberden ging am 18. November 1822 die 63 engl. = 13,57 österr. Meilen von Canterbury nach London in 10 Stunden 57,5 M. (also 7,3 W. F. in 1 Sec.). — Der Wiener Schustermeister Joseph Ortner legte in Folge einer Wette den beynahe 17 Meilen betragenden Hin- und Zurückweg zwischen Wien und St. Pölten in 17 Stunden zurück, mit Abschlag von 1 3/4 Stunden, die er in St. Pölten, von 1/4 Stunde die er im Hinwege zu Perschling, und von 1/2 Stunde, die er im Rückwege zu Abstätten rastete. Der Weg war durch Regen schlüpfrig, und ein Theil des Rückweges wurde wegen der eingebrochenen Nacht bey Laternenlichte gemacht: Geschwindigkeit in 1 Sec. 6,6 W. F. — Philander, der Läufer Alexanders, soll nach Plinius in 9 Stunden 1200 Stadien = 29 österr. M. (25 W. F. in einer Sec.) gelaufen seyn.

Geschwindigkeit des Lichtes 42000 Meilen in Einer Secunde.

18. Will man die Wirkung bestimmen, welche ein Körper durch seine Bewegung auf andere Körper auszuüben im Stande ist, so sieht man leicht ein, daß sich diese sowohl nach der Geschwindigkeit als auch nach der Menge der mit dieser Geschwindigkeit wirkenden Materie, also nach der Masse des bewegten Körpers richten muß. Die Größe der Bewegung, oder das mechanische Moment (so nennt man das Wirkungsvermögen eines bewegten Körpers) ist also gleich dem Producte aus der Geschwindigkeit in die Masse. Sind die Massen gleich, so richtet sich die Größe der Bewegung nach der Geschwindigkeit: eine aus einer Kanone geschossene Kugel wird heftiger gegen eine Mauer wirken, als eine bloß mit der Hand geworfene. Sind die Geschwindigkeiten gleich, so steht die Größe der Bewegung mit der Masse im geraden Verhältnisse: eine 24pfündige Kugel erschüttert eine Mauer heftiger, als eine 3pfündige, wenn sie auch mit gleicher Geschwindigkeit geschossen werden. Wenn Massen und Geschwindigkeiten ungleich sind, so verhält sich die Größe der Bewegung eines Körpers zu der des andern wie das Product aus der

Geschwindigkeit jedes Körpers in seine Masse. Eine 3pfündige Kugel bewegt sich mit einer Geschwindigkeit, daß sie in Einer Secunde 300 Klaftern zurücklegt; eine 6pfündige Kugel trifft eine Mauer mit einer Geschwindigkeit von 200 Klaftern in Einer Secunde: die Wirkung der 3pfündigen Kugel wird sich zu jener der 6pfündigen verhalten wir $3 \times 300 = 900 : 6 \times 200 = 1200$; also wie 3:4.

Der Grad der Wirkung, welchen verschiedene Körper bey einerley Geschwindigkeit auszuüben im Stande sind, ist das einzige Mittel, ihre Masse zu bestimmen, weil dabey alles Materielle in ihnen zugleich und in gleichem Grade sich wirksam äußert: darauf beruht die Theorie des Wägens, wie weiter unten erhellen wird. — Eine kleine Masse kann durch eine große Geschwindigkeit beträchtliche Wirkungen hervorbringen: man kann z. B. mit einem Stücke Talglicht ein Loch durch ein Bret schießen; man denke an die Wirkungen der Luft bey heftigen Stürmen u. dgl. m.

19. In der Physik wird die Materie bloß als leblos betrachtet (§. 6). Leblose Dinge sind keiner inneren Bestimmungen fähig, d. h. sie denken nicht, haben keine Gefühle der Lust oder Unlust, begehren und verabscheuen nicht. In diesen kann folglich nicht die Ursache der Veränderungen liegen, welche die Körper erleiden. Allen Veränderungen der Materie muß also (da keine Wirkung ohne Ursache seyn kann) eine äußere Ursache zum Grunde liegen. Nun sind aber der Uebergang aus der Ruhe in Bewegung oder aus der Bewegung in die Ruhe, dann die Aenderung der Richtung oder der Geschwindigkeit während der Bewegung wirkliche Veränderungen des Zustandes der Körper: sie können also nur durch äußere Ursachen bewirkt werden. Daraus folgt: 1) daß ein ruhender Körper so lange ruht, bis ihn eine äußere Ursache oder Kraft in Bewegung setzt; 2) daß ein Körper, der einmahl in Bewegung begriffen ist, sich so lange mit derselben Geschwindigkeit und in derselben Richtung bewegt, bis er durch äußere Ursachen in Ruhe versetzt, oder zur Aenderung seiner Richtung oder Geschwindigkeit genöthiget wird. Diese Eigenschaft der Materie, ihren Zustand nicht zu ändern, ohne durch äußere Ursachen dazu gezwungen zu seyn, nennt man die Trägheit, besser (weil hier an eine Abneigung gegen Bewegung, welche man im gemeinen Leben unter diesem Ausdrucke verstehet, nicht zu denken, im Gegentheile die Leblosigkeit der Materie zugleich zu bezeichnen ist) das Beharrungsvermögen derselben.

20. Die Mittheilung der Bewegung geschieht durch die zwey Kräfte, die jeder Körper auch in der Ruhe besitzt: nähmlich durch die anziehende und abstossende Kraft. Wenn z. B. der Körper A sich mit einer gewissen Geschwindigkeit gegen den ruhenden Körper B beweget, so kommt A endlich in die Sphäre der abstossenden Kraft von B. Die zwey Körper A und B stossen sich also wechselseitig ab, und suchen sich von einander zu entfernen. Der Körper B kann dieß nur thun, wenn er sich in derselben Richtung bewegt, in welcher sich A bewegte; der Körper A hingegen entfernt sich von B, wenn er zurückbleibt, oder sich langsamer bewegt. A verliert also von seiner ursprünglichen Bewegung so viel, als der Körper B gewonnen hat, und da er an Masse nichts verlieren kann, erleidet er diesen Verlust an seiner Geschwindigkeit. Nach der Mittheilung ist die Quantität der Bewegung des Körpers A und B zusammen genommen der Größe der Bewegung des Körpers A allein vor der Mittheilung gleich. Das was in diesem Beyspiele von der Repulsiv-Kraft gesagt worden ist, läßt sich sehr leicht auf die Attractiv-Kraft übertragen. Daraus fließt das folgenreiche Gesetz, daß bey jeder Mittheilung der Bewegung Wirkung und Gegenwirkung gleich sind. Diese Gegenwirkung verursacht z. B. den Schmerz in der Hand, mit der wir gegen stark widerstehende Gegenstände stossen oder schlagen; das Zurücklaufen der Kanonen beym Abfeuern, das Rücken oder Stossen der Feuergewehre; das Steigen der Raketen, die Bewegung der Segner'schen Wassermaschine u. dgl. m. — Jede Veränderung in der Körperwelt muß eben so in einer gewissen Zeit geschehen, als sie nur in einem gewissen Raume geschehen kann: folglich braucht auch die Mittheilung der Bewegung einige Zeit. In keinem Körper wird der Zustand der Ruhe oder der Bewegung, die Geschwindigkeit oder Richtung z. B. durch einen Stoß, auf einmahl (in einem Augenblicke) verändert; sondern nur in einer gewissen Zeit, durch eine unendliche Reihe von Zwischenzuständen. Nach diesem Gesetze der Stetigkeit (lex continui) kommt ein Körper durch Widerstand nicht auf einmahl, sondern durch allmähliche Verminderung der Geschwindigkeit zur Ruhe; und er kann einen ruhenden Körper nicht auf einmahl, sondern nur durch stufenweises Ertheilen der Geschwindigkeit in Bewegung setzen.

Nach diesem zum Theil aus der Eigenschaft der Trägheit fließenden Gesetze kann man erklären, warum das in der Höhlung eines sehr

festen Körpers befindliche Schießpulver, wenn es, nur wenige Zoll hoch mit Sand bedeckt, angezündet wird, eher den Körper sprengt, als den Sand herauswirft (Jessop's Spreng-Methode); warum die Hand schmerzt, die man mit großer Geschwindigkeit gegen eine Wasserfläche schlägt; warum starke Menschen, die einen Ambos auf der Brust nur zu ertragen im Stande sind, auch darauf hämmern lassen können; warum dauerhafte Brücken eine große Masse haben müssen, damit sie durch die darauf hinrollenden Wägen nicht so leicht in merkliche Schwingungen versetzt werden; warum eine Kugel aus der Flinte geschossen ein freystehendes Blatt Papier durchfährt, mit der Hand geworfen aber dasselbe nur umbiegt; warum der Stiel einer Kölner-Tabakspfeife, der an zwey Haaren horizontal aufgehängt ist, durch einen heftigen Schlag mit einem Stocke auf seine Mitte zerbricht, ohne daß die Haare zerreißen; warum ein mit Wasser gefülltes Glas zerschlagen wird, wenn man einen so genannten Glastropfen ins Wasser taucht, und den Stiel außerhalb des Wassers abbricht. Darauf gründet sich das Hinaufklopfen der Hämmer und Aexte, u. dgl. m.

21. Wenn die Ursache, wodurch ein Körper in Bewegung gesetzt wird, nach einiger Zeit zu wirken aufhört; so bewegt sich der Körper nach dem Gesetze der Trägheit mit der zuletzt erhaltenen Geschwindigkeit in einem fort: dieses nennt man eine gleichförmige Bewegung, mittelst welcher in gleichen Zeiten immer gleiche Räume zurückgelegt werden, und welche in der Natur vielleicht nur an der Achsendrehung der Planeten getroffen wird. Fährt aber die bewegende Kraft durch die ganze Zeit der Bewegung mit gleicher Stärke auf den Körper zu wirken fort; so entsteht daraus eine gleichförmig zunehmende Bewegung. Wenn auf den bewegten Körper eine seiner Bewegung entgegengesetzte Kraft durch die ganze Dauer der Bewegung mit gleicher Stärke wirkt; so entsteht dadurch eine gleichförmig abnehmende Bewegung. Bey der letzten nehmen die Räume, welche in gleichen Zeiten zurückgelegt werden, ab, und bey der vorletzten zu, wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, u. s. w.; oder bey der gleichförmig beschleunigten Bewegung verhalten sich die zurückgelegten Räume gerade, bey der gleichförmig verzögerten Bewegung verkehrt, wie die Quadrate der Zeiten. Diese zwey Arten von Bewegung sieht man in den Phänomenen der Schwere realisirt. Wirkt die beschleunigende Kraft, oder das verzögernde Hinderniß nicht immer mit gleicher Stärke, so bringen sie eine ungleichförmig beschleunigte oder verzögerte Bewegung hervor: z. B. wenn man einen Stein über

einen mit mancherley Unebenheiten besetzten Berg herabrollen läßt. Hierher gehört der Lauf der Flüsse, wie auch zum Theil die Bewegung der Himmelskörper in ihren elliptischen Bahnen.

Weil bey gleichförmigen Bewegungen die verwendete Zeit mit dem beschriebenen Raume in geradem Verhältnisse stehet, so braucht man, je nachdem die Zeit oder der Raum leichter oder bequemer zu schätzen ist, den Raum zum Maßstabe der Zeit, wie in den gewöhnlichen Uhren, oder die Zeit zum Maßstabe des Raumes, z. B. wenn von einer Stunde Weges oder von einer Tagreise die Rede ist.

22. Nach §. 21 kann die Bewegung jedes leblosen Körpers, oder überhaupt jede Veränderung in der Ruhe und Bewegung eines Körpers nur die Wirkung einer äußeren Ursache seyn. Die äußere Ursache der Bewegung heißt man eine mechanische Kraft. Diese heißt bewegende Kraft, wenn sie einem Körper zukommt, in so fern er in Bewegung ist, und äußert sich gegen andere Körper durch Stoß. Die Kraft, welche ein bewegter Körper gegen andere äußert, in so fern er erst in Bewegung zu kommen, oder sie zu verändern strebt, heißt Druck oder Zug. Die Wirkung eines Körpers (das Product aus der Masse in die Geschwindigkeit) ist beym Stoße viel größer als beym Drucke, weil der eine Factor, die Geschwindigkeit, welche beym Stoße das Product bedeutend vergrößert, beym Drucke ganz fehlt. Der schwerste auf einem Stücke Eisen liegende Hammer verändert dasselbe nicht, während es unter den Streichen eines mäßigen Hammers jede beliebige Form annehmen muß. Daher darf man beym genauen Wägen die Gewichte auf die Wagschale nicht werfen. — Die unmittelbare Anziehung eines Körpers gegen einen andern aus der Ferne oder in der Berührung, heißt anziehende Kraft, welche in dem angezogenen Körper eine bewegende Kraft erzeugt, die sich dann weiter durch Druck oder Stoß äußern kann. Die mechanischen Kräfte bedürfen, damit sie durch ihre Wirkungen wahrnehmbar und wirklich werden, einer Gegenkraft. Diese Gegenkraft, d. h. Alles, was die Anwendung einer Kraft erfordert, damit eine Veränderung in seiner Bewegung oder Ruhe hervorgebracht werde, heißt Widerstand, Gegenwirkung, Last (§. 20).

Eine mechanische Kraft bringt nur dann die volle Wirkung hervor, wenn sie senkrecht auf die Oberfläche des zu bewegenden Körpers wirkt, weil dieser nur senkrecht auf dem Puncte seiner Oberfläche, wo er den Stoß oder Druck erleidet, entgegenwirkt; Wirkung und Gegenwir-

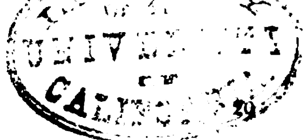
kung aber gleich seyn müssen (§. 20). Wenn die bewegende Kraft die Oberfläche eines Körpers schief trifft, so wirkt sie nur mit jenem Theile, der senkrecht gegen die Oberfläche gerichtet ist. Darum übet man einen starken Druck gegen das Wasser aus, wenn man es mit der flachen Seite des Ruders vor- oder rückwärts schiebt, und einen um so geringeren, je mehr sich die Fläche des Ruders jener Richtung nähert, in welcher man das Wasser damit wie mit einem Messer durchschneidet: daher wirft der Sturm jenen Theil der Gartenmauer nieder, welchen er senkrecht trifft, während die schief getroffenen Theile stehen bleiben. Darauf beruhet zum Theil das Schwimmen, Fliegen, der Gebrauch des Steuerruders und der Segel, die Einrichtung der Flügel und Ruder, der Wind- und Wassermühlen, das Steigen der Papierdrachen u. dgl. m.

23. Wenn entweder eine einzelne Kraft oder mehrere Kräfte, jedoch in derselben oder in gerade entgegengesetzter Richtung, einem Körper die Bewegung ertheilen, so heißt diese einfach. Wenn aber mehrere Kräfte so auf den Körper wirken, daß ihre Richtung einen Winkel macht, so heißt die Bewegung zusammengesetzt. Wenn in dem letzten Falle alle Kräfte nach einem gleichen Gesetze, z. B. alle entweder gleichförmig, oder gleichförmig beschleunigend wirken; so folgt der Körper der Richtung jeder einzelnen Kraft so viel möglich, und er beschreibt eine von der Richtung jeder einzelnen Kraft verschiedene gerade Linie, die der diagonalen in einem Parallelogramme gleich ist, wozu die Richtung der Linien nach der Richtung der Kräfte, und ihre Länge nach der Stärke derselben bestimmt wird. Würde (Fig. 1) der Körper C von der Kraft AC allein in Bewegung gesetzt, so würde er sich nach D, von der Kraft BC allein getroffen, nach E bewegen; von beyden zu gleicher Zeit angetrieben, bewegt er sich gleichförmig nach der Diagonale CF, und zwar in derselben Zeit, die er, von den Kräften einzeln getrieben, zum Durchlaufen der Seiten CE und CD gebraucht haben würde. Je spitziger der Winkel ist, unter welchem die zwey Kräfte auf den Körper wirken, oder je mehr sich die Richtung ihrer Einwirkung der parallelen nähert, desto größer wird die dem Körper ertheilte Geschwindigkeit, desto länger im Verhältnisse zu den Seiten die Diagonale, desto gezogener also das Parallelogramm seyn, wie es die punctirten Linien in der ersten Figur zeigen. Dieser, der Kürze wegen, das mechanische Parallelogramm genannte Satz, findet sehr häufige Anwendung. — Wirken die beyden Kräfte nicht nach

Einem Gesetze, wirkt z. B. die eine gleichförmig, die andere beschleunigend, so beschreibt der Körper eine krumme Linie, wie wir dieß bey einem horizontal geworfenen Körper sehen werden. Wirkt die Kraft, welche einen Körper während seiner gleichförmigen Bewegung stets (also beschleunigend) von seiner geradlinigen Bahn ablenkt, von einem gewissen unveränderlichen Mittelpuncte aus, so heißt sie eine Central-Kraft, und diese Art von Bewegung eine Central-Bewegung. Den auf diese Art bewegten Körpern, z. B. den Planeten, schreibt man eine Centripetal-Kraft zu, in so fern sie in ihren krummlinigen Bahnen von der Berührungslinie (Tangente) ab nach jenem Mittelpuncte der Kraft zu getrieben (solicitirt) werden, und also nach dieser Richtung eine bewegende Kraft äußern; dann eine Centrifugal-, Flieh- oder Schwungkraft, in so fern sie in jedem Puncte ihrer krummlinigen Bahn der Tangente zu folgen, und sich also dadurch von dem unveränderlichen Mittelpuncte der Kraft zu entfernen streben.

Aus diesem Gesetze, welches die zusammengesetzte Bewegung befolgt, kann man sich erklären, warum ein vom Mastbaume eines schnell segelnden Schiffes herabfallender Körper wieder am Fuße des Mastbaumes niederfällt; warum die Kunstreiter, die von dem Sattel eines laufenden Pferdes in die Höhe springen, gerade wieder auf den Sattel zu stehen kommen; warum man aus einem schnell fahrenden Wagen viel leichter nach vorn als nach hinten abspringt, u. dergl. m. — Sind die entgegengesetzten Kräfte gleich, so erfolgt Ruhe; z. B. wenn von zwey gleich starken Pferden den Wagen das eine vorwärts, das andere rückwärts zieht; wenn in jeder Schale der Wage ein gleiches Gewicht liegt. Sind die entgegengesetzten Kräfte ungleich, so bewegt sich der Körper nach der Richtung der größeren, aber nur mit einer Geschwindigkeit, die ihrem Ueberschuße (der Differenz) an Wirksamkeit gleich ist — Man kann sich auch jede einfache Bewegung als zusammengesetzt, d. h. als das Resultat mehrerer unter bestimmten Winkeln wirkender Kräfte vorstellen, nur muß man diese so ordnen, daß sie dem mechanischen Parallelogramme entsprechen. Wenn sich z. B. ein Körper in Einer Secunde gleichförmig durch die Linie CF (Fig. 1) bewegt, so kann man sich ihn wohl von den Kräften AC und BC getrieben denken, doch so, daß der Körper, von diesen Kräften einzeln bewegt, die Linie CE und CD in Einer Secunde gleichförmig durchlaufen würde. Diese Lehre von der Theilung oder Zerfällung der Kräfte erleichtert ungemein die Erklärung vieler mechanischer Erscheinungen

24 Da die Resultate des Stoßes der Körper von der Natur



der letzteren, von ihrer Härte, Elasticität u. dgl., wovon erst später die Rede seyn kann, abhängig sind: so sollen dieselben hier bloß in kurzen Sätzen aufgestellt werden.

A. Stoß einer Kugel gegen eine unbewegliche Ebene (Fig. 2)

a. Kugel und Ebene als vollkommen hart (ohne alle Elasticität) gedacht.

Wird die Ebene von der Kugel senkrecht in der Richtung EF getroffen, so bleibt die Kugel nach dem Stoße in Ruhe. Wird die Ebene von der Kugel unter einem Winkel, z. B. in der Richtung CF getroffen, so bewegt sich nach dem Stoße die Kugel in der Richtung FB mit einer Geschwindigkeit, die sich zur Geschwindigkeit vor dem Stoße verhält wie AF zu AF + AC.

b. Die Kugel als vollkommen elastisch gedacht.

Die Kugel springt beym senkrechten Stoße EF in derselben Richtung und mit unveränderter Geschwindigkeit zurück. Stößt die Kugel schief auf die Fläche, wie z. B. CF, so springt sie mit unverkürzter Geschwindigkeit in der Richtung FD zurück, indem sie mit dem Einfallslothe EF beym Zurückspringen denselben Winkel macht, den sie beym Einfallen damit machte.

B. Stoß zweyer Kugeln gegen einander.

Wenn die Richtungslinie des Stoßes durch den Schwerpunct beyder Kugeln geht, so ist der Stoß central, sonst schief.

a. Beym centralen Stoße bleiben zwey weiche Kugeln, welche ihre Form dabey bleibend ändern, oder zwey vollkommen harte Kugeln, die ihre Form gar nicht ändern, in Berührung; sie ruhen entweder beyde, oder sie bewegen sich beyde mit einerley Geschwindigkeit nach derselben Richtung fort.

b. Beym centralen Stoße elastischer Kugeln sind mehrere Umstände zu berücksichtigen.

1. Wenn eine Kugel eine andere ruhende von gleicher Masse stößt, so ruht die erstere nach dem Stoße, und die zweyte bewegt sich dafür mit derselben Geschwindigkeit in der Richtung der ersteren.

2. Wenn die Massen ungleich sind, so verhält sich die Geschwindigkeit der stossenden Kugel nach dem Stoße, zu ihrer Geschwindigkeit vor dem Stoße, wie die Differenz der Massen beyder Kugeln zu ihrer Summe; und die Geschwindigkeit der gestossenen Kugel verhält sich zur Geschwindigkeit der stossenden vor dem Stoße, wie die doppelte Masse der stossenden zu der Summe der Massen beyder Kugeln.

3. Wenn eine in Bewegung begriffene Kugel von einer andern sich geschwinder bewegenden von gleicher Masse ereilt wird, so bewe-

gen sich beyde nach dem Stoße in derselben Richtung, aber mit verwechselter Geschwindigkeit.

4. Bewegen sich zwey Kugeln von gleicher Masse in entgegengesetzter Richtung, so springen sie bey gleicher Geschwindigkeit vor dem Stoße auch mit gleicher Geschwindigkeit nach dem Stoße zurück; bey ungleicher Geschwindigkeit aber vor dem Stoße laufen sie nach dem Stoße mit verwechselter Geschwindigkeit zurück.

Diese Fälle lassen sich auf einem Billard versinnlichen, nur muß man nicht vergessen, die Unvollkommenheit der Elasticität des Elfenbeins und die Reibung mit in Rechnung zu bringen. Das Sprengen und Schneiden der Ballen geschieht nach den Gesetzen des schiefen Stoßes, welche aus dem Parallelogramme der Kräfte folgen. Hängen mehrere elastische Kugeln von gleicher Masse so neben einander, daß sie sich scheinbar berühren, und daß ihre Mittelpuncte in einer geraden Linie liegen (Fig. 3), so wird, wenn man die erste Kugel a aufhebt und wieder fallen läßt, der Stoß sich durch alle Kugeln fortpflanzen, aber nur die letzte Kugel h abspringen, während alle Mittelkugeln ruhig bleiben. Hebt man die zwey Kugeln a und b auf und läßt sie fallen, so springen die zwey Kugeln g und h ab, u. s. w. Der Grund hiervon ist in der nicht vollständigen Berührung der Kugeln, in ihrer Elasticität, dann in dem Umstande zu suchen, daß zur Mittheilung der Bewegung von einer Kugel zur andern eine gewisse Zeit gehöret. Aus derselben Ursache fliegt öfters das obere Ende eines Pfeifenstiels mit großer Gewalt ab, wenn man ihn senkrecht auf den Boden fallen läßt. Auch die Jessop'sche Spreng-Methode wird auf diese Art erkläret (§. 20).

Beförderungsmittel der Bewegung.

25. Unter die vorzüglichsten Beförderungsmittel der Bewegung, wodurch also eine Bewegung leichter, d. h. mit weniger Kraft, geschwinder, oder wenigstens bequemer und dem Zwecke angemessener bewirkt wird, gehören die sechs sogenannten einfachen Maschinen, nähmlich: der Hebel, die Rolle, das Rad an der Welle, die schiefe Fläche, die Schraube, der Keil, die sich alle auf den Hebel und die schiefe Fläche zurückführen lassen.

Diese einfachen Maschinen begründen jedoch keine Ausnahme von dem kosmischen Gesetze, daß nicht mehr in der Wirkung als in der Ursache liegen kann: denn die Größe der Bewegung, das mechanische Moment der Kraft wird durch keine Maschine vermehrt oder überhaupt verändert; indem immer so viel an Geschwindigkeit verloren geht, als an Kraft (an Masse des bewegten Körpers) gewonnen wird: dieser Satz läßt sich vorzüglich beym Hebel leicht nachweisen.

26. Ein mathematisch einfacher Hebel ist eine gerade, an einem Puncte (Ruhepunct, Aufhängpunct, Drehpunct, Hypomochlion) unterstützte und um diesen bewegliche Linie. In der Anwendung sind die gewöhnlichsten Hebel gerade Stangen. Es gibt auch krumme Hebel, unter welchen der Winkelhebel am häufigsten, z. B. bey unseren Glockenzügen u. dergl. m. im Gebrauche ist. Beym Hebel müssen, wie bey jeder Maschine, zwey Potenzen wirksam gedacht werden, die ihn nach entgegengesetzten Richtungen zu drehen streben, wovon die eine, die Last, von der andern, der Kraft, überwunden werden soll, und derer Größe nach Gewichten bestimmt wird. — Je nachdem am Hebel der Ruhepunct zwischen der Kraft und der Last, oder an einem Ende des Hebels liegt, heißt der Hebel zwey- oder einarmig. Liegt an einem zweyarmigen Hebel der Ruhepunct gerade in der Mitte zwischen Kraft und Last, so heißt er gleicharmig (Fig. 4), sonst ungleicharmig (Fig. 5 *a*). Jeder Schlagbaum, die meisten Scheeren oder Zangen, die römische oder Schnellwage, die Hebebäume (Fig. 5 *b*) u. dgl. m. stellen ungleicharmige, jeder Wagbalken einer Schalwage stellt einen gleicharmigen Hebel vor. Bey dem einarmigen Hebel kann die Last zwischen dem Ruhepuncte und der Kraft liegen; dann ist er ein einarmiger Hebel der ersten Art ein Trag- oder Druckhebel (Fig. 6): z. B. das an einem Ende befestigte Schneidemesser, ein Limonienpresser oder eine Weinpresse, ein Ruder, ein Schiebkarren u. dgl. Liegt aber die Kraft zwischen dem Ruhepunct und der Last, so ist er ein einarmiger Hebel der zweyten Art, ein Wurfhebel (Fig. 7), mittelst dessen z. B. die Bewegung eines Dreschflegels, einer Schleuder, unserer Gliedmaßen u. dgl. geschieht. — Bey dem Hebel verhält sich Kraft zur Last im Gleichgewichte umgekehrt, wie der Abstand der Kraft vom Ruhepuncte zum Abstande der Last von demselben Puncte. Wenn Kraft und Last gleich weit vom Ruhepuncte liegen, so gehört z. B. Ein Pfund Kraft dazu, um Einem Pfunde Last das Gleichgewicht zu halten; ist aber der Abstand der Kraft noch Ein Mahl so groß, so kann man mit Einem Pfunde Kraft zwey Pfunden Last das Gleichgewicht halten; übertrifft der Abstand der Kraft jenen der Last hundert Mahl, so hält jene einer hundertfachen Last, also Ein Pfund hundert Pfunden das Gleichgewicht. Dieses gehet so weit, daß man einen Eimer voll Wasser an die Klinge eines frey auf dem Tische liegenden Messers aufhängen kann.

Jedoch gewinnt man beym Hebel eben so wenig, als bey jeder andern Maschine, etwas an Größe der Bewegung; denn was an Kraft gewonnen wird, geht immer an Geschwindigkeit verloren, und so umgekehrt. An dem ungleicharmigen Hebel AB (Fig. 5) ist die Kraft A vier Mahl so weit, als die Last B vom Ruhepuncte C entfernt, hält also einer vier Mahl so großen Last das Gleichgewicht. Wenn aber Bewegung erfolgt, muß die Kraft in derselben Zeit den Raum A a durchlaufen, während welcher die Last nur den Raum B b beschreibt. Der Raum A a ist vier Mahl so groß, wie der Raum B b: um diese zwey Räume also in derselben Zeit zurückzulegen, muß die Geschwindigkeit der Kraft vier Mahl größer als jene der Last seyn. Die vierfache Masse der Last multiplicirt mit der einfachen Geschwindigkeit gibt das nähmliche Product, also dieselbe Größe der Bewegung, wie die vierfache Geschwindigkeit der Kraft multiplicirt mit der einfachen Masse. — Wenn es darauf ankömmt, kleine Bewegungen bemerklich zu machen, so läßt man die Kraft auf das kürzere Ende eines ungleicharmigen Hebels einwirken: ihre Bewegung multiplicirt sich am Ende des längeren Hebelarmes. Davon hat man bey der Einrichtung der meisten Pyrometer Gebrauch gemacht; und die von Reichenbach bey seinen genaueren Maschinen häufig angewendeten sogenannten Fühlhebel beruhen auf diesem Principe. Weil bey dem einarmigen Hebel der ersten Art (Fig. 6) die Kraft immer weiter vom Ruhepuncte entfernt wirkt als die Last, so gewinnt man wohl an Kraft, die Bewegung geschieht aber um eben so viel langsamer, d. h. die Kraft beschreibt einen großen Weg, während die Last nur wenig fortrückt. Bey dem einarmigen Hebel der zweyten Art (Fig. 7 a) verliert man wohl an Kraft, wird aber durch eine große, der Last ertheilte Geschwindigkeit entschädigt, auf die es doch in vielen Fällen, z. B. bey einer Schleuder, bey den Gliedmaßen der Thiere (Fig. 7 b) u. dgl. am meisten ankömmt.

Im Gleichgewichte sind mehrere Kräfte, wenn sich ihre Wirkung gegenseitig so aufhebt, daß durch keine von ihnen wirkliche Bewegung erfolgt, obschon ihnen das Streben nach Bewegung bleibt und sich durch Druck äußert. Die Lehre vom mechanischen Gleichgewichte starrer Körper heißt die Statik; die Lehre von der Bewegung starrer Körper die Dynamik oder Mechanik.

27. Die Rolle, d. h. eine um ihre Achse bewegliche, in einem mit der Achse beweglichen Kloben eingeschlossene Scheibe, mit einer ausgehöhlten Peripherie zur Aufnahme des Strickes, ist entweder mittelst des Klobens selbst befestigt, oder sie ist beweglich, und an dem Kloben hängt die Last. Im ersten Falle heißt sie eine feste Rolle, im zweyten eine bewegliche oder Zugrolle. Die

erste (Fig. 4 a) ist als ein System von gleicharmigen Hebeln anzusehen; man gewinnt also nichts an Kraft, und sie wird bloß angewendet, dieser eine bequemere Richtung zu geben. Die letztere (Fig. 4 b) stellt ein System von einarmigen Hebeln der ersten Art vor, derer Länge der Durchmesser der Rolle ist: an einem Ende des Durchmessers liegt immer die Kraft, an dem andern der Ruhepunct, in der Mitte die Last. An dieser Rolle hält also die Kraft immer einer doppelten Last das Gleichgewicht.

Im Flaschenzuge (polyspastus) ist die Wirkung mehrerer Rollen vereinigt. Die Rollen befinden sich entweder in eigenen Gehäusen wagrecht neben einander (Fig. 8), oder sie sind in größeren Kloben senkrecht über einander angebracht (Fig. 9). In dem Flaschenzuge verhält sich Kraft zur Last im Gleichgewichte wie 1 zu der doppelten Zahl von beweglichen Rollen, oder, da zu jeder beweglichen Rolle zwey Stricke gehören, wie 1 zu der Zahl von Stricken, woran die Last hängt. Zu dem Begriffe eines Flaschenzuges gehöret, daß Ein gemeinschaftlicher Strick alle Rollen umschlinge. Daher heißt eine Anordnung von Rollen, wie sie die Fig. 10 zeigt, wo immer der Strick der unteren Rolle an der oberen befestigt ist, und wodurch die Kraft auch ungemein vermehrt wird, nicht ein Flaschenzug.

28. Jedes Rad an einem Cylinder, der um zwey, gleichsam die Verlängerung seiner Achse vorstellende Zapfen beweglich ist (Fig. 11), stellet ein Rad an der Welle oder ein Wellrad vor. Statt des Rades sind häufig nur dessen Speichen, oder nur kreuzförmig durch den Cylinder (die Welle) gesteckte Stangen (Fig. 12), oder nur eine Kurbel (Fig. 13) vorhanden. Liegt der Cylinder wagrecht (Fig. 11 u. 13), so heißt die Maschine ein Haspel, stehet er senkrecht (Fig. 12), so heißt sie eine Winde oder ein Göpel. Ersteren sehen wir häufig bey Brunnen, Bergwerken u. dgl. angebracht; letztere bey Pferdemühlen, zum Hinaufziehen von Lasten auf hohe Gebäude u. dgl. Beym Wellrade verhält sich im Gleichgewichte Last zur Kraft, wie der Halbmesser des Rades oder wie die Länge der Speichen und Kreuzstangen zum Halbmesser des Cylinders. — Nach demselben Gesetze richtet sich auch die Wirkung der Räder, die vorzüglich bey zusammengesetzten Maschinen, z. B. Mühlen, Uhren u. dgl. m. sehr häufig vorkommen.

Die Wirkung des Rades an der Welle läßt sich sehr leicht auf die Hebelwirkung zurückführen. Fig. 14 stellet den Querschnitt eines Haspels vor: a s g h ist die Peripherie des Rades, b e d i jene des Cylin-

ders (der Welle); die Kraft wirkt nach der Richtung am in dem Puncte a auf das Rad; die Last wirkt nach der Richtung nd in dem Puncte d auf die Welle. Indem die Kraft das Rad zu drehen suchet, wirkt sie gleichsam auf einen durch die Linie acd dargestellten Hebel, dessen Hypomochlion in der gemeinschaftlichen Achse des Rades und der Welle bey c liegt. Der Abstand des Punctes d, wo die Last auf diesen Hebel einwirkt, ist dem Halbmesser der Welle gleich, der Abstand des Punctes a, wo die Kraft den Hebel angreift, ist dem Halbmesser des Rades gleich. Folglich müssen sich Kraft zur Last im Gleichgewichte verhalten, umgekehrt wie ihre beyderseitigen Abstände vom Ruhepuncte, oder wie der Halbmesser der Welle zum Halbmesser des Rades. Mit einem gewöhnlichen Hebel kann man Lasten nur auf eine unbeträchtliche Höhe bringen; mittelst des Rades an der Welle aber kann man sie beynahe zu jeder beliebigen Höhe erheben, weil sich beym Drehen dieser Maschine die Hebelwirkung fortlaufend von einem Puncte der Peripherie des Rades und der Welle auf einen andern überträgt. Noch augenscheinlicher ist die Hebelwirkung an dieser Maschine, wenn statt des Rades bloß Speichen oder Stangen oder Kurbeln vorhanden sind. — Wie man an Kraft gewinnt und an Geschwindigkeit verliert, wenn die Kraft auf die Peripherie des Rades wirkt, die Last aber an der Welle hängt, so verliert man an Kraft und gewinnt an Geschwindigkeit, wenn die Kraft auf die Rolle (Achse des Rades) wirkt, die Last aber ihr am Umfange des Rades widersteht. Beydes ist sehr häufig bey zusammengesetzten Maschinen mit Räderwerken, z. B. bey Uhren, Mühlen u. dgl. der Fall, in welchen entweder die gezähnte Peripherie eines Rades auf das an der Achse befindliche Getriebe eines andern Rades, oder umgekehrt das letztere auf die erstere einwirkt: die Peripherie des zweyten Rades erhält im ersten Falle eine sehr vermehrte, im zweyten eine sehr verminderte Geschwindigkeit. Diese Vermehrung oder Verminderung der Geschwindigkeit setzet man gewöhnlich mit der Zahl der Zähne an der Peripherie des Rades zu jener des Getriebes an der Achse ins Verhältniß. Wenn ein Rad, welches 100 Zähne hat, in ein Getriebe greift, welches nur 10 Zähne oder Speichen hat, so muß sich offenbar das Getriebe sammt Allem, was an derselben Achse befestigt ist, 10 Mahl umdrehen, während jenes 100zähnige Rad nur Eine Achsendrehung macht.

29. An einer **schiefen Fläche** (Fig. 14 a) unterscheidet man die **Basis** AB, die **Höhe** BC, und die **Länge** AC. Wenn die Kraft mit der **Länge gleichlaufend** wirkt, z. B. beym Hinaufziehen eines Fasses über den so genannten Schrotbaum, eines Wagens über einen Berg, so verhält sich Kraft zur Last im Gleichgewichte, wie die Höhe der schiefen Fläche zur Länge: wenn der Schrot

bamm also fünf Mahl so lang als hoch ist, so hält die Kraft einer fünffachen Last das Gleichgewicht; oder Ein Mensch ist im Stande, ein Faß über denselben zu bewegen, welches nur von fünf Menschen senkrecht aufgehoben werden könnte. Daher kommt es, daß die Pferde bergauf desto mehr zu ziehen haben, je steiler der Berg ist, d. h. je beträchtlicher die Höhe zur Länge des Weges ist. Wirkt die Kraft gleichlaufend mit der Basis, z. B. wenn man einen Schiebkarren bergauf stößt; so verhält sich Kraft zur Last, wie die Höhe der schiefen Fläche zur Basis.

30. Die Schraube und der Keil sind eigentlich bloß schiefe Flächen. An der Schraube stellt der Umfang die Basis, ein Schraubengang die Länge, und die Entfernung zweyer Schraubengänge die Höhe der schiefen Fläche vor. Es verhält sich also an der Schraube im Gleichgewichte Kraft zur Last (da die Kraft gleichlaufend mit der Basis wirkt) wie der Umfang der Schraubenspindel zu der Entfernung zweyer Schraubengänge. — Der Keil stellt zwey mit der Basis verbundene schiefe Ebenen vor. Es verhält sich an ihm Kraft zur Last, je nachdem diese senkrecht auf die Seitenfläche, oder parallel mit der Grundfläche des Keiles wirkt, wie die halbe Grundfläche (der halbe Rücken) des Keiles zur Länge seiner Seitenflächen oder zur Höhe desselben. Ein Keil ist also um so wirksamer, je länger er bey gleicher Breite seines Rückens ist.

An der Schraubenspindel stellen die Schraubengänge eine um einen Cylinder gewundene schiefe Ebene vor (Fig. 14 b), und in der Schraubenmutter dieselbe an den inneren Wänden eines gleich großen hohlen Cylinders herum laufende schiefe Ebene. Entweder ist die Spindel beweglich und die Mutter fest, oder umgekehrt. Gewöhnlich wird mit der Schraube noch ein Hebel verbunden, an welchem die bewegende Kraft angebracht wird, z. B. beym Präg- und Schraubstocke, bey allen Arten von Pressen, Schraubenziehern u. dgl. Die Schraube ist auch bey Kunststrassen über steile Berge nachgeahmt. Schraube ohne Ende ist eine in die Randzähne eines Rades eingreifende Schraubenspindel (Fig. 15). — Messer, Scheeren, Zugmesser, Sicheln, Sensen, Meißel, Spaten, Nägel, Nadeln, sind keilförmige Instrumente.

31. Durch zweckmäßige Verbindung dieser einfachen Maschinen entstehen alle zusammengesetzten, z. B. Uhren, Mühlen und dgl. Mittelst dieser kann man freylich oft durch eine mäßige Kraft außerordentliche Wirkungen hervorbringen; allein dieses hat auch seine Gränzen. Denn erstens geht, wie schon erwähnt worden ist,

immer an Geschwindigkeit, folglich an Zeit verloren, was an Kraft gewonnen wird: daher die Größe der Bewegung, d. h. das Product aus der Masse in die Geschwindigkeit, durch Maschinen keinen Zuwachs erhält (§. 25). – Dann setzet auch die Gebrechlichkeit der zu den Maschinen verwendeten Materialien ihrer Wirksamkeit Gränzen. Diese zwey Bedenklichkeiten könnte man Archimed's »da mihi punctum extra terram, et terram movebo« entgegensetzen. Von einer dritten Schwierigkeit wird gleich die Rede seyn.

Hindernisse der Bewegung.

a) Reibung.

32. Wir kennen keinen vollkommen glatten starren Körper; jeder ist an seiner Oberfläche mehr oder weniger rauh, d. h. es wechseln an ihr Erhabenheiten mit Vertiefungen. An einigen Körpern bemerkt man diese schon mit freyem Auge oder durch das Gefühl, und diese werden von allen Menschen rauh geheißen. An andern Körpern offenbaren sich diese Unebenheiten der Oberfläche dem unbewaffneten Auge nicht mehr, und sind auch dem Gefühle nicht mehr anstößig; allein sie kommen unter guten Vergrößerungsgläsern zum Vorscheine. Unter die glattesten Körper, die wir kennen, gehören die Glasspiegel. Wenn man auf einem solchen Spiegel mit Taufsteine einen Strich macht, so reibt sich etwas von dem Taufsteine ab, welches nicht geschehen könnte, wenn der Spiegel absolut glatt wäre. Wenn man den gefärbten Strich mit einem trockenen Tuche abwischt, so verschwindet er, kömmt aber beym Anhauchen wieder zum Vorscheine, und beweiset dadurch, daß auch Spiegelflächen Vertiefungen haben, in die sie andere Körper aufnehmen können. — Wenn zwey Körper durch ihr Gewicht oder durch andere Kräfte an einander gedrückt werden, so müssen die Erhabenheiten des einen sich nothwendig immer in die Vertiefungen des andern senken; sollen dann diese zwey Körper an einander bewegt werden, so müssen die Erhabenheiten erst aus den Vertiefungen gehoben, oder abgebrochen, oder wenigstens umgebogen werden: die bewegende Kraft hat also auch diese Hindernisse der Bewegung, die man die Reibung nennt, zu überwinden. — Die Reibung muß desto größer seyn, je rauher die sich reibenden Oberflächen der Körper sind; sie steht aber mit der Größe der sich reibenden Flächen nicht im Verhältnisse, außer wenn

die Flächen sehr rauh sind, oder wenn der Zusammenhang der als Schmiere gebrauchten Substanz (z. B. bey geschmierten Wagenachsen) oder auch die Adhäsion derselben (z. B. zwischen Metallplatten) die Reibung vermehrt. Daß die Adhäsion eine Miturſache der Reibung ist, läßt sich daraus schließen, weil öfters Körper, nachdem sie längere Zeit auf einander gelegen sind, bedeutend mehr Kraft als gleich im Anfange erfordern, um über einander fortgeschleift zu werden, und weil sich dieser Einfluß der längeren Berührung vorzüglich an glatten Körpern zeigt, z. B. an Metall- oder Glasplatten, die auf einander abgeschliffen worden sind. Gewiß ist es, daß die Reibung mit dem Gewichte oder mit der Kraft, durch welche Körper an einander gedrückt werden, zunimmt. Durch viele Versuche hat man gefunden, daß die Kraft, die bey mäßig glatten Körpern zur Ueberwindung der Reibung erfordert wird, dem dritten Theile des Gewichts des bewegten Körpers, d. h. der Last, gleich ist, und daß sich bey sehr glatten und harten Körpern dieser Widerstand unter den vierten Theil der Last vermindert.

33. Obschon die Reibung nie ganz aufgehoben werden kann, so gibt es doch Mittel, sie zu vermindern: 1) durch Glätten der sich reibenden Oberflächen, welches oft durch eine längere Dauer der Bewegung selbst geschieht; daher sind neue Maschinen, z. B. neue Wägen schwerer als gebrauchte zu bewegen; daher fährt man auf ganz neuen Straßen nicht am leichtesten. 2) Durch Verstopfen der Vertiefungen mittelst anderer Körper: deßwegen schmieren wir die Maschinen mit Oehle, Fette, Graphite, auch mit bloßem Wasser. 3) Die Erfahrung lehrt, daß die Reibung zwischen verschiedenartigen Körpern geringer als zwischen gleichartigen ist: so reibt sich Holz an Holze, Metall an Metalle stärker, als Holz an Metalle, Stahl an Stahle stärker, als Stahl an Messinge. — 4) Man suche die schleifende, d. h. gleitende Bewegung in eine rollende zu verwandeln, weil bey dieser die in einander greifenden Erhabenheiten sich leichter entwickeln können. Auch die Berührungsfläche suche man so viel als möglich zu verkleinern. Deßwegen legt man schwer zu bewegenden Lasten Kugeln oder Walzen unter; deßwegen sperret man umgekehrt beym Bergabfahren die Wagenräder ein; deßwegen sind die Zapfen, mittelst derer der Wagbalken aufliegt, nicht rund, sondern schneidend; und deßwegen drehen sich Räder mit dünnen Zapfen leichter. 5) Das Gewicht der Maschine sey nicht größer, als es zur

Festigkeit nothwendig ist. 6) Man lasse die zur Ueberwindung der Reibung bestimmten Kräfte auf das Vortheilhafteste wirken, welches dadurch geschieht, daß man ihnen von der Achse, um welche die Bewegung geschieht, die möglichst größte Entfernung gibt: darum führen sich Wägen leichter, wenn sie große, als wenn sie kleine Räder, wenn sie dünne eiserne als wenn sie dicke hölzerne Achsen haben. Eben diesen Zweck haben die so genannten Reibungs- oder Frictionsräder.

Bey dem Hebel ist die Reibung am geringsten, bey Rollen, vorzüglich bey kleineren, schon viel größer. Bey der Schraube muß die halbe Kraft auf die Reibung verwendet werden; daher sind die Wasserpressen viel wirksamer, als die gewöhnlichen Schraubenpressen. An einer Schraube mit scharfen Gängen ist die Reibung größer, als an einer mit viereckigen Gängen. Die stärkste Reibung findet beym Keile Statt. — Bey der Bewegung unserer Wägen ist auf ganz horizontaler Straße bloß die Reibung zu überwinden. Die Reibung hängt von der Beschaffenheit der Straße und von der Construction des Wagens ab. Bey den Dampfwägen auf Eisenbahnen kann die Reibung auf $1/400$ der ganzen Last vermindert werden; auf den besten mit zerschlagenen Steinen gemachten Straßen ist sie bey trockner Witterung $1/20$, bey nasser $1/10$ der ganzen Ladung mit Einschluße des Wagengewichtes. Ein Wagen, der sammt seiner Ladung 1000 Gthle. beträgt, fordert Zugkraft: a) im losen Sande 250 Gthle. oder $1/5$, b) auf einer neu beschütteten Kunststraße 143 Gthle. oder beyläufig $1/7$, c) auf einem gewöhnlichen Land-, Bey- oder Nebenwege 106 Gthle. oder wenig mehr als $1/10$, d) auf hartem, festem Lehmwege 53 Gthle. oder wenig mehr als $1/20$, e) auf trocknem, hartem Wiesengrunde 40 Gthle. oder $1/25$, f) auf einer etwas kothigen Chaussee 34 $1/2$ Gthle. oder $1/29$, g) auf einer koth- und schuttfreyen Chaussee 30 $1/2$ Gthle. oder $1/33$. Ein Pferd, welches eine Last von 125 Pf. während Eines Tages durch einen Raum von 5 österr. Meilen bewegen kann, ist im Stande auf einer ebenen Eisenbahn 200 Zentner in der nähmlichen Zeit eben so weit zu fördern. Am 7. Februar 1828 zog auf der Monkland- und Kirkintilloch-Eisenbahne bey Glasgow in Schottland Ein Pferd 14 mit Kohlen beladene Wägen, welche sammt der Ladung 907 W. Zentner wogen, binnen 1 Stunde und 41 Minuten über eine größten Theils horizontale Bahnlänge von 5724 W. Klaftern: eine erstaunenswerthe Leistung.

34. Ungeachtet man die Reibung an Maschinen meistens sehr ungern wahrnimmt, und daher durch alle mögliche Mittel zu beseitigen sucht; so sind gewisse sehr gemeine und nützliche Verrichtungen doch wieder nur durch sie möglich. Ohne Reibung könnten wir nichts zu-

sammen nageln, schrauben oder keilen, nichts mit der Hand halten, keinen haltbaren Knoten schürzen. In der Leinwand wie in jedem andern Gewebe halten die Fäden, in den Filzen die Haare, nur durch die Reibung an einander. Wie gefährlich selbst auf Ebenen unser Gang ohne alle Reibung wäre, können wir daraus schließen, weil er schon auf dem Eise und auf andern glatten Körpern, wo doch die Reibung nur etwas geringer als gewöhnlich und bey weitem noch nicht ganz aufgehoben ist, so unsicher wird. Bergauf oder bergab könnten wir ohne Reibung gar nicht gehen: wer auf dem Gipfel eines auch nicht sonderlich steilen Berges fiele, würde bis ins Thal, oder, wenn kein anderer höherer Berg dazwischen wäre, bis ins Meer gleiten.

b) Steifigkeit der Stricke.

35. Die Unbiegsamkeit oder Steifigkeit der Stricke, derer man sich bey sehr vielen Maschinen bedienen muß, ist ein zweytes Hinderniß der Bewegung. Dieses Hinderniß wird um so größer, je dicker die Stricke, je mehr sie gedreht sind, und je mehr sie gebogen werden müssen, je kleiner z. B. der Durchmesser der Rolle, oder der Welle ist, um die sie gewunden werden.

c) Widerstand des Mittels.

36. Nur die großen Himmelskörper bewegen sich im leeren Raume; unsere irdischen Bewegungen geschehen alle in andern flüssigen Substanzen, entweder in der Luft oder im Wasser, welche in diesem Falle **Mittel der Bewegung** heißen. Das Mittel, welches auch bey der vollkommensten Flüssigkeit doch durch sein Beharrungsvermögen (§. 21) Widerstand leistet, muß von dem bewegten Körper getheilt und auf die Seite geschoben werden: so viel, als dem Mittel zu diesem Zwecke Bewegung ertheilet werden muß, geht an der Bewegung des bewegten Körpers verloren. Dieser Verlust ist desto geringer, je weniger von dem widerstehenden Mittel der Körper aus der Stelle zu treiben, und je weniger Geschwindigkeit er ihm zu geben braucht, je leichter das Mittel ausweichen, und die Stelle, welche der bewegte Körper verläßt, wieder einnehmen kann. Der Widerstand des Mittels richtet sich also: 1) Nach der Fläche, mit welcher der bewegte Körper zertheilend auf das Mittel wirket, und nach dem Winkel, welchen die Fläche mit der Richtung der Bewegung machet: ein Stock wird leichter schnell bewegt als ein Bret, und dieses wird mit weniger Anstrengung bewegt, wenn man die Luft oder das Wasser

damit schneidet, als wenn man diese zwey Mittel mit der Fläche desselben theilet. 2) Nach der Gestalt des bewegten Körpers: ein Kegel läßt sich durch Luft und Wasser leichter bewegen, wenn die Spitze, als wenn die Grundfläche vorangeht. 3) Nach der Dichtigkeit und Zähigkeit (d. h. Unvollkommenheit des flüssigen Zustandes) des Mittels, weil mit der Dichtigkeit die in Bewegung zu setzende Masse wächst, und mit der Zähigkeit die Beweglichkeit derselben (d. h. die Verschiebbarkeit ihrer Theile) abnimmt: darum hört ein Pendel im Wasser früher als in der Luft, in einer Salzlauge oder in Gummiwasser früher als in reinem Wasser zu schwingen auf. 4) Nach dem Quadrate der Geschwindigkeit: ein mit zweyfacher Geschwindigkeit bewegter Körper erleidet vier Mahl so viel Widerstand, als ein mit einfacher Geschwindigkeit bewegter, weil er die doppelte Menge des Mittels aus der Stelle treiben, und dieser doppelten Menge zugleich die doppelte Geschwindigkeit ertheilen muß. Bey außerordentlich großen Geschwindigkeiten übersteigt der Widerstand dieses Verhältniß noch um Vieles: nach Vega macht eine 4pfündige Kanonenkugel, welche im leeren Raume einen Weg von 23226 Fuß zurück gelegt hätte, in der Luft nur einen Weg von 6437 Fuß. Bey 6pfündigen mit 2000 engl. Fuß Geschwindigkeit bewegten Kanonenkugeln fand Hutton den Widerstand der Luft dem hundertfachen Gewichte der Kugel gleich. Man sieht daraus, wie sehr die parabolische Theorie der Wurfbewegung durch den Widerstand der Luft modificirt werden muß (§. 56).

37. Auch dieses Hinderniß der Bewegung gewährt auf andern Seiten viele Vortheile. Auf ihm beruht das active Schwimmen der eigentlichen Wasserbewohner sowohl als der Menschen und Landthiere, welche in der Regel specifisch schwerer als Wasser sind; die Anwendung und die Wirkung der Schaufel- und Steuerruder; eben so das Fliegen der Vögel, die Anwendbarkeit des Fallschirms. Dieses ist die Quelle, aus der man die Regeln zum vortheilhaftesten Baue schnellsegelnder Seeschiffe geschöpft hat. Man sieht daraus leicht ein, warum die Schiffe in der Richtung des Kieles das Wasser so leicht durchschneiden, senkrecht auf den Kiel aber, d. h. nach der Seite beynahe unbeweglich sind, worauf die Methode beruht, ihnen durch das Steuerruder sowohl als durch die Segel die gehörige Richtung zu geben. Der Kenner dieser Naturgesetze muß den zweckmäßigen Bau der Fische und Vögel für die Bewegungen in den von ihnen bewohn-

ten Mitteln bewundern. Dem Widerstande der Luft verdanken wir es, daß der Regen und Schnee nicht Alles niederschlägt.

Die Wage ist vielleicht die einzige Maschine, mit der man bloß Gleichgewicht hervorbringen will; bey allen übrigen bezweckt man Bewegung. Vom Gleichgewichte bis zur Bewegung ist aber bey der Anwendung der Maschinen öfters noch ein großer Abstand; denn dem Gleichgewichte der Körper stehen keine fremden Hindernisse entgegen, wohl aber ihrer Bewegung. Wenn also starre Körper im Gleichgewichte sind, gehöret zu ihrer Bewegung nicht bloß ein kleiner Kraftüberschuß von der einen Seite dazu, um das Beharrungsvermögen zu überwinden, sondern ein so großer Kraftüberschuß, als die Ueberwindung der eben angeführten, der Bewegung sich widersetzenden Hindernisse (d. h. fremder, unter den bey der wirklichen Anwendung der Maschinen nicht zu beseitigenden Bedingungen, entgegenwirkender Kräfte) erfordert. In dem Zwischenraume von dem wirklichen Gleichgewichte der Kräfte bis zu diesem nothwendigen Ueberschuße von einer oder der andern Seite wird das Gleichgewicht noch immer fortdauern. Hindernisse der Bewegung sind also Begünstigungen für das Gleichgewicht, z. B. an der Wage. Daraus erhellet, daß es sehr leicht ist, Maschinen zu erfinden, die ewig im Gleichgewichte stehen, daß es aber unmöglich ist, ein wahres Mobile perpetuum zu construiren, indem die Hindernisse der Bewegung jeden auch noch so großen anfänglichen Kraftüberschuß verzehren, jede Erneuerung der Kraft aber durch den Gang der Maschine selbst nur scheinbar ist, weil sie immer auf Kosten jenes anfänglichen Kraftüberschußes geschieht, und die Wirkung nicht größer als die Ursache seyn kann. — Man bedienet sich zum Treiben der Maschinen vorzüglich folgender bewegender Kräfte: a) Der Muskelkraft von Menschen und Thieren, wobey es sehr darauf ankommt, wie sie sich an der Maschine äußern muß. Obschon bey dem Kupferwägen in Cornwall einzelne Menschen öfters 400 Pfund tragen, obschon auch bey uns Lastträger leicht zu fassende Gegenstände von 2 bis 3 Zentner Gewicht mehrere Stockwerke hoch tragen, so kann doch ein Mensch von mittlerer Stärke im horizontalen Zuge oder Drucke anhaltend (durch eine tägliche Arbeitszeit von 12 Stunden, während welcher er aber gewöhnlich nur 8 Stunden mit voller Kraft arbeitet, die anderen Stunden leer geht oder fährt, sich aufladen läßt u. dgl. m.) nur 25 Pfund, ein Ochs 100 Pfund mit einer Geschwindigkeit von 9000 Fuß in einer Stunde bewegen; ein Pferd 125 Pfund mit 15000 Fuß Geschwindigkeit. Ohne Unterbrechung kann der Mensch nur durch 8 Stunden täglich jene Arbeit leisten: daher dauern die Arbeitsschichten in Bergwerken u. dgl. nur 8 Stunden. Die Leistung eines Arbeiters ist das Product aus dem Gewichte der Last in die Geschwindigkeit und in die Arbeitszeit: um eben so viel, als

einer dieser Factoren zwischen gewissen Gränzen erhöht wird, muß der andere vermindert werden. Einem geübten Arbeiter wird es ziemlich gleich gelten, ob er 30 Pf. mit 2 F. Geschwindigkeit oder 20 Pf. mit 3 Fuß Geschwindigkeit fördert. Wenn die Arbeitszeit um den vierten Theil verlängert wird, so wird die Last oder Geschwindigkeit um den vierten Theil vermindert werden. Ein gewohnter Fußgänger kann einen Weg von 12 österr. Meilen in Einem Tage hin, und am folgenden Tage wieder zurück machen, wenn er nichts zu tragen hat: mit einer Last von 20 Pf. wird derselbe Mensch mit der nähmlichen Anstrengung nur 5 Meilen täglich machen. Weibspersonen besitzen im Durchschnitte ein um $^1/_5$ geringeres Arbeitsvermögen als die Männer. Die Eingebornen der heißen Zone in Amerika können noch weniger Arbeit leisten, als die Weiber in Europa. Auch die Europäer können nach ihrer Versetzung auf die westindischen Inseln nur halb so viel arbeiten als in ihrem Geburtslande. b) Der Schwere, theils von eigentlichen Gewichten wie bey Uhren, theils von Thieren, wie beym Tretrade, theils vom Wasser, wie bey oberschlächtigen Wasserrädern; c) des Druckes oder Stoßes bewegter Körper, vorzüglich des Wassers und der Luft; d) der Elasticität von Wasserdämpfen, z. B. in den Dampfmaschinen; und von starren Körpern, z. B. in den Taschenuhren; auch der Ausdehnung starrer, tropfbarer und elastischer Körper durch Wärme. — Obschon die Mechanik ganz auf mathematischen, also von der Erfahrung unabhängigen Principien beruhet, so kommt sie doch darin mit den Erfahrungswissenschaften überein, daß der Grad ihrer Entwicklung und ihre richtige Anwendung mit der Zeitdauer, durch welche sie cultivirt wird, im Verhältnisse stehet. Dieser Satz wird zwar täglich durch die Fortschritte sattsam bewährt, welche die Mechanik vor unseren Augen machet; doch mögen folgende, auffallende, historische Thatsachen beweisen, wie weit vortheilhafter man die mechanischen Kräfte anzuwenden gelernt hat. Bey der Aufrichtung des großen Obeliskes im Circus Vaticanus zu Rom unter Caligula waren 20000 Menschen beschäftigt: im Jahre 1586 nach Chr. Geb. bewirkte Dominik Fontana die Aufrichtung desselben Obeliskes auf dem Petersplatze mit 960 Menschen und 80 Pferden. Die Errichtung der großen, beyläufig 186 Millionen W. Zentner wiegenden Pyramide in Aegypten erforderte die zwanzigjährige Arbeit von 100,000 Menschen: wenn die im Jahre 1823 in England thätigen Dampfmaschinen dazu wären verwendet worden, so würden höchstens 36000 Menschen zu ihrer Bedienung nothwendig, und die Arbeit, nähmlich das Andenplatzstellen der Steine, würde, nach Dupui's Berechnung, in 18 Stunden vollendet gewesen seyn. Nach Owen verarbeiteten vor 40 Jahren ohne Maschinen 1000 Menschen nicht mehr Baumwolle, als mit den gegenwärtigen Maschinen Ein Mensch zu verarbeiten im Stande ist. — Die größte Masse, welche bisher durch

Menschenhände mit Beyhülfe von Maschinen und Thieren bewegt worden ist, mag der 4 Millionen Pfund schwere Granitblock seyn, welcher aus einem Sumpfe am Finnischen Meerbusen nach Petersburg transportirt wurde, um einer Statue des Czars Peter zum Fußgestelle zu dienen. (*Monument élévé à la gloire de Pierre I., ou relation des travaux etc. par le Comte Marin Carburi de Ceffalonie. Paris 1777.*)

B.

Von der Anziehung.

38. Anziehung hat erstens zwischen den großen Welt- oder Total-Körpern Statt, und heißt in diesem Falle Gravitation. — Dann zieht jeder solche Weltkörper seine Theile an: so werden alle irdischen Körper von dem Erdballe gegen seinen Mittelpunct angezogen, daß sie sich nicht ohne eine beträchtliche dieser Anziehung entgegenwirkende Kraft von der Erde entfernen können, und gleich wieder zu derselben zurückkehren, wenn die entgegenwirkende Kraft aufgehoben worden ist: auf dieser Anziehung beruhen die Phänomene der Schwere. — Ferner ziehen sich aber auch die Theile der Erde (und wahrscheinlich jedes andern Total-Körpers wechselseitig an: so bringen beträchtliche Berge das Bleyloth aus der senkrechten Richtung, und schwere Bleykugeln setzen sehr leichte und nahe Körper durch Anziehung in Schwingungen. Diese Anziehung zeigt sich noch auffallender als Adhäsion in der Nähe der scheinbaren Berührung: wenn z. B. zwey Bley-Cylinder mit ihren glatt geschabten Grundflächen genau aneinander gedrückt werden, so hängen sie so fest an einander, daß man sie nur mit Mühe trennen kann; dasselbe findet zwischen zwey polirten Marmor- oder Glasplatten Statt. Geriebenes Siegellack zieht leichte Körper, der Magnet das Eisen auf sehr merkliche Entfernungen an. — Endlich ist die Anziehung auch zwischen den kleinsten Theilen der Körper in unmerklichen Entfernungen wirksam: denn wir finden die Materie meistens in größeren Massen; ihre Theile werden also durch Anziehung zusammen gehalten, und zwar öfters so fest, daß eine große Kraft zu ihrer Trennung erfordert wird: was gehört z. B. für eine Gewalt dazu, ein Stück Granit zu zerschlagen? Die Anziehung hat also sowohl zwischen großen, ja den größten Körpern Statt, und da sind die Entfernungen, auf welche sie sich erstreckt, nicht allein wahrnehmbar, sondern zum Theil auch ungeheuer groß; als auch zwischen den kleinsten Theilchen der Körper, die sich in unmerklichen Entfernungen be-

finden. (Munke in Gehler's neu bearbeitetem physical. Wörterbuche. 1. Band, S. 321. Leipzig 1825.)

a. Anziehung in großen Abständen.

1. Anziehung zwischen den großen Total- oder Weltkörpern.

39. Die zuverlässigsten Beobachtungen haben außer Zweifel gesetzt, daß sich die Erde und die übrigen Planeten unseres Sonnen-Systems nicht allein um ihre Achse drehen, sondern auch um die Sonne als den Central-Körper des ganzen Systems bewegen. Die Planeten sind bey dieser Bewegung folgenden von Kepler zuerst auf dem Wege der Hypothese, aus Tycho's de Brahe Beobachtungen aufgefundenen, und durch alle folgenden astronomischen Beobachtungen bestätigten Gesetzen, welche man die Kepler'schen Regeln zu nennen pflegt, unterworfen. 1) Jede Planetenbahn ist eine Ellipse, wie z. B. ABKD (Fig. 16), in deren Einem Brennpuncte S sich die Sonne befindet. Der Figur und Größe nach ist die elliptische Bahn eines Planeten von der jedes andern verschieden. 2) Die von jedem Planeten in gleichen Zeiten durchlaufenen Bogen seiner elliptischen Bahn umspannen elliptische Sectoren von gleichem Flächenraume, derer gemeinschaftliche Spitze in der Sonne ist; d. h. wenn man sich von dem Mittelpuncte der ruhenden Sonne zu dem bewegten Planeten eine Linie, z. B. SG gezogen denkt (die man in der Mathematik den Leitstrahl, den führenden Halbmesser, radius vector heißt), so durchstreicht diese in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume. Der Planet muß sich also in der Sonnennähe bey A geschwinder, als in der Sonnenferne bey K bewegen. Bewegt er sich z. B. in 30 Tagen von A bis G, so wird er sich in eben so langer Zeit nur von H bis K bewegen, weil nur in diesem Falle die Flächen der Sectoren ASG und KSH gleich sind. 3) Die Quadratzahlen der Umlaufszeiten der Planeten verhalten sich wie die Kubikzahlen ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne. Der Jupiter ist z. B. 5,203 Mahl weiter von der Sonne entfernt als die Erde, oder die Entfernungen der beyden Planeten von der Sonne verhalten sich zu einander wie 5,203 : 1. Die Kubikzahlen dieser zwey Zahlausdrücke verhalten sich zu einander wie 140,8 : 1. Der Jupiter bewegt sich um die Sonne in 4332,6, die Erde in 365,256 Tagen. Die Quadrate der letzten zwey Zahlen verhalten sich zu einander wie

1871422 : 133411. Nun sieht man aber, daß sich verhält 140 : 1 = 1871422 : 133411; denn $\frac{18771422}{133411}$ ist = 140.

In Fig. 16 sind S und F die beyden Brennpuncte der Ellipse, C ist ihr Mittelpunct, AK ihre große Achse oder die Absidienlinie, BD die kleine Achse. In A ist der Planet in der Sonnennähe, in K in der Sonnenferne, nähmlich um den Abstand beyder Brennpuncte von einander, also um das Stück SF weiter entfernt. In B und D befindet sich der Planet in der mittleren Entfernung von der Sonne. CS, oder der Abstand des Mittelpunctes der Ellipse von ihrem Brennpuncte, ist die Excentricität der Ellipse. Die Excentricität der Planetenbahnen ist viel geringer, als jene der in der Fig. 16 gezeichneten Ellipse. Für die Erdbahn beträgt SA 23691, SD 24096, SK 24501 und FG 405 Erdhalbmesser, also nur 0,0168 der halben großen Achse. Wenn man sich die von den elliptischen Bahnen der Planeten eingeschlossenen Räume als Flächen denkt, so heißt man sie die Ebenen der Planetenbahnen. Die Ebenen der Bahnen der andern Planeten sind gegen die Ebene der Erdbahn verschiedentlich geneigt, und durchschneiden die letztere. Die gerade Linie, in welcher die Erdbahnebene von der Ebene einer andern Planetenbahn durchschnitten wird, heißt die Knotenlinie, und von den beyden Endpuncten dieser Linie heißt der eine der aufsteigende, der andere der absteigende Knoten. Die wesentlichen Bestimmungsstücke der Größe und Gestalt der elliptischen Bahn, dann die Bedingungen zur Bestimmung des Ortes (Länge in der Ekliptik u. dgl.), und der Geschwindigkeit eines Planeten in dieser Bahn, begreift man unter dem Nahmen der elliptischen Elemente seiner Bahn. Die Kometen scheinen bey ihrer Bewegung denselben Gesetzen unterworfen zu seyn, denen die Planeten gehorchen; nur sind ihre Bahnen außerordentlich excentrisch. Auch die Neben-Planeten, Trabanten oder Monde bewegen sich nach derselben Regeln um ihre Haupt-Planeten, wie diese um die Sonne. Unser Mond dreht sich während einer jedesmahligen, etwas weniger als 27,5 Tage dauernden Bewegung um die Erde, von welcher er in seinem mittleren Abstande 60 Erdhalbmesser = 51600 geogr. Meilen entfernt ist, und mit deren Bahn seine ziemlich excentrische einen Winkel von 5° 8′ 47″ macht, nur Ein Mahl um die Achse, und legt auf dieser Reise binnen 1 Zeit-Minute über 8,4 geogr. Meilen zurück. Die folgende Tabelle gewährt eine Uebersicht einiger, nur unbedeutenden Veränderungen unterworfener, elliptischer Elemente aller bekannten, zu unserem Sonnen-Systeme gehörigen Planeten. Die in der zweyten Tabelle angegebenen Fallräume haben auf diesen Weltkörpern, nur wenn man sich dieselben ruhend denkt, unter einer Breite von 35° 15′ 52″ Statt.

Nahmen und Zeichen der Planeten.	Mittl. Entfernung von der Sonne in Halbmessern der Erdbahn.	Dauer des Laufs um die Sonne in Tagen.	Geschwindigkeit bey dem Laufe um die Sonne in 1 Minute: Meilen		Zeit der Achsendrehung in St. M.	Excentricität der Bahn.	Neigung der Bahn.
			geographische.	österreichische.			
☿ Mercur .	0,38710	87,969	400	391	24	0,2055	7°,78
♀ Venus .	0,72333	224,701	293	286	23—22	0,0068	3,77
♁ Erde . .	1	365,256	250	243,5	23—56	0,0168	0,000
♂ Mars . .	1,52369	686,98	202	197,7	24—39	0,0933	2,06
⚶ Vesta . .	2,36208	1327				0,089	7,92
⚵ Juno . .	2,67035	1594				0,254	14,52
⚳ Ceres . .	2,76725	1681	150	146		0,0785	11,81
⚴ Pallas .	2,77290	1685				0,242	38,43
♃ Jupiter .	5.20279	4332,596	109	106,8	9—57	0,0482	1,46
♄ Saturn .	9,53577	10758,97	80	78,6	10—16	0,0562	2,77
♅ Uran . .	19,18330	30689	57	55,7		0,0467	0,86

In der folgenden Tabelle wird man noch einige allgemein wissenswerthe Verhältnisse der mit der Erde in nächster Beziehung stehenden Weltkörper finden.

Nahme des Weltkörpers.	Durchmesser		Verhältniß			Fallraum auf ihnen in 1 Secunde	
	Größter scheinbarer	wahrer, in Erddurchmessern.	des körperlichen Inhaltes	der Masse	der Dichtigkeit	in Pariser Fuß	in Wiener Fuß.
Mercur	12″	0,401	0,065	0,166	2,554	15,601	16,032
Venus	57	0,96	0,885	0,945	1,062	15,463	15,887
Erde		1	1	1	1	15,113	15,53
Mars	27	0,52	0,140	0,132	0,943	7,377	7,58
Vesta	wie Sterne der 7. u. 8. Größe.	0,04	0,00007	0,000078	1,2	0,73	0,748
Juno		0,168	0,006	0,004078	0,53	2,13	2,18
Ceres		0,205	0,009	0,007559	0,16	2,85	2,92
Pallas		0,259	0,02	0,002815	0,94	0,64	0,656
Jupiter	40	11	1281	316	0,247	43,967	45,182
Saturn	18	10	995	95	0,095	14,406	14,804
Uran	4	4,36	80,5	17,3	0,215	13,932	14,317
☉ Sonne	32′ 36″	111,9	1384462	337086	0,243	412,025	423,415
☽ Mond	33′ 37″	0,273	0,02	0,0146	0,719	2,960	3,042

Der mittlere Durchmesser der Erde beträgt etwas über 1719, also der mittlere Erdhalbmesser, der von den Astronomen häufig als Maßstab gebraucht wird, beynahe 860 geogr. Meilen, wornach sich die oben angegebenen Verhältnisse leicht auf Meilen reduciren lassen. Das spec. Gewicht des Erdballs soll nach den letzten Untersuchungen von Cavendish, dann nach den Vergleichungen und Berechnungen von La Place (*Annal. de Chimie Août* 1820) 5,48 Mahl jenes des Wassers übersteigen.

40. Da die elliptische Bahn der Planeten eine krummlinige Bewegung derselben ausspricht, diese aber nur dann Statt finden kann, wenn der bewegte Körper von zwey nach verschiedenen Gesetzen wirkenden Kräften zugleich getrieben wird (§. 26): so muß auch der Lauf der Planeten von zwey Kräften hergeleitet werden. Alle in der Bewegung der Planeten beobachteten Erscheinungen lassen sich vollständig erklären, wenn man diese Bewegung zusammensetzet aus einer Centrifugal- oder Tangential-Kraft (§. 62), vermög welcher der Planet in jedem Puncte seiner elliptischen Bahn stets in der Richtung der Tangente auf diesen Punct, z. B. in dem Puncte A nach t (Fig. 16) mit gleichbleibender Geschwindigkeit sich fort zu bewegen sucht; und aus einer stetig, also beschleunigend wirkenden Centripetal-Kraft, die den Körper von seiner Bewegung in der Richtung der Tangente, ablenket, und ihn gegen den unveränderlichen Punct S, wo sich die Sonne befindet, zieht. Woher oder wie den Planeten die Tangential-Kraft zu Theil geworden sey, darüber weiß die Physik weiter keinen Aufschluß zu geben. Die Centripetal-Kraft aber kann man mit voller Consequenz aus der Anziehung ableiten, welche der Körper, der sich im Mittelpuncte der Bewegung befindet, also die Sonne, gegen die Planeten (der Haupt-Planet gegen seine Monde) ausübet, genau so, wie wir dieses bey den Erscheinungen der irdischen Schwere mehr in der Nähe sehen werden. Daher sagt man, die Himmelskörper gravitiren gegen einander, oder sie sind gegen einander schwer; oder darin besteht die von Newton (geb. am 25. December 1642, gest. den 20. März 1727) zuerst entdeckte, an den herrlichsten Folgerungen so fruchtbare allgemeine Gravitation, welche folgendem Gesetze unterworfen ist: Die Größe der Anziehung, welche die Sonne auf die Planeten und Kometen, und welche jeder Haupt-Planet gegen seine Monde ausübet, steht mit der Masse des anziehenden Körpers im ge-

raden Verhältnisse, und mit der Entfernung des angezogenen Körpers im umgekehrten quadratischen Verhältnisse. Die Mathematik beweiset, daß ein von einer gewissen Wurfkraft in Bewegung gesetzter Körper, der von einer andern stetig wirkenden, im quadratischen Verhältnisse der Entfernungen abnehmenden Kraft nach einem unveränderlichen Puncte gezogen wird, um diesen, als einen Brennpunct, eine Ellipse beschreiben muß, und daß die andern Kepler'schen Regeln nur Folgesätze dieses allgemeinen Gravitations-Gesetzes sind.

Aus dem Ausdrucke des Gravitations-Gesetzes folgt schon, daß die Planeten nicht bloß von der Sonne angezogen werden, sondern daß sie auch ihrerseits anziehend auf die Sonne wirken; nähmlich im Verhältnisse ihrer Massen. Wir wollen annehmen, die Erde laufe allein um die Sonne. Hätten die Sonne und die Erde gleiche Massen, so würden sie sich wechselseitig gleich anziehen, und entweder im Mittelpuncte ihres Abstandes zusammenlaufen, oder, wenn die Wurfkraft dieß verhinderte, um diesen Punct sich, als den gemeinschaftlichen Mittelpunct, bewegen, so wie zwey gleich starke Menschen, die sich mit der gleichnahmigen Hand fest haltend und ziehend im Kreise drehen. Nun hat aber die Sonne 337086 Mahl mehr Masse als die Erde, folglich zieht sie die Erde eben so viel Mahl stärker an, und der Mittelpunct der Bewegung beyder Himmelskörper muß also der Sonne 337086 Mahl näher liegen als der Erde. Die Entfernung zwischen Sonne und Erde beträgt 20,722,560 geographische Meilen, und der 337068ste Theil dieser Entfernung 61 geographische Meilen. Die Sonne hält aber im Durchmesser 191,780 geogr. Meilen; folglich fällt der nur 61 Meilen von ihrem Mittelpuncte abstehende Drehpunct nicht allein in den Sonnenball, sondern dessen Mittelpuncte so nahe, daß man den Unterschied zwischen beyden in den meisten Berechnungen vernachlässigen, und die Sonne wegen der Unmerklichkeit ihrer Bewegung als ruhend denken kann. Man stelle sich einen erwachsenen Menschen vor, der spielend ein Kind, welches er bey der Hand hält, um sich herumlaufen läßt. — Eine weitere Bestätigung, daß Sonne, Mond und Erde durch wechselseitige Anziehung in der Ferne auf einander wirken, werden wir später in den Erscheinungen der Ebbe und Fluth finden; so wie den Astronomen eine Menge solcher Bestätigungen in den Störungen (Perturbationen) aufstossen, welche Planeten, Kometen und Trabanten durch zu nahe kommende Nachbarn in ihrem regelmäßigen Laufe erleiden. Ausführlichere Belehrung über die hier nur des Phänomens der allgemeinen Anziehung wegen berührten Gegenstände findet man in: *Exposition du système du monde par M. le Comte La Place 4. édit. Paris 1813. Traité élementaire d'Astronomie*

physique par J. B. Biot, avec des additions relatives à l'Astronomie nautique par M. de Rossel. 2 édit. Paris 1811. H. W. Brandes Lehren der Astronomie, (ungemein) deutlich dargestellt in Briefen an eine Freundinn. 2. Aufl. Leipzig 1816. 4 Bde. in kl. 8. Allgemeine Betrachtungen über das Weltgebäude, von J. E. Bode. 2. Aufl. Berlin 1812. J. J. Littrow's populäre Astronomie, 2 Bde. Wien, bey Heubner 1825.

2. Irdische Anziehung in größeren Abständen. Schwere.

41. Die Anziehung in größeren Abständen äußert sich auf unserer Erde in drey verschiedenen Modificationen. Erstens kennen wir die Anziehung des Erdballs gegen seine Theile und der letzteren unter einander, die immer und unter allen Umständen Statt findet, daher man sie unter dem Nahmen Schwere für eine inhärirende Eigenschaft der Materie hält. Dann kann man die meisten Körper durch eine künstliche Behandlung, wodurch sie elektrisch werden, in den Zustand versetzen, daß sie andere Körper in merklicher Entfernung anziehen: die Ursache dieser Anziehung nennt man Elektricität. Endlich findet man ein Eisenerz, welches, ohne alle künstliche Behandlung, Eisen, reines Kobalt und Nickel in beträchtlichen Entfernungen mit bedeutender Kraft anzieht, und durch schickliches Verfahren diesen drey Metallen dieselbe Kraft mittheilt: diese Art von Anziehung, die nach unsern bisherigen Erfahrungen sich nur zwischen den vier genannten Körpern äußert, schreibt man dem Magnetismus zu. Von den zwey letzteren wird in besondern Abschnitten gehandelt werden; hier ist bloß der Ort, von der Schwere, als allgemeiner Eigenschaft jeder Materie, zu handeln.

42. Unter Schwere (gravitas) verstehet man das Bestreben, welches alle irdischen Körper äußern, sich gegen den Mittelpunct der Erde zu bewegen. Dieses Bestreben gibt sich durch eine unzählige Menge der gemeinsten Erscheinungen zu erkennen. Alle Körper können nur durch eine der Schwere entgegenwirkende Kraft von der Erde entfernt werden, und fallen wieder gegen die Erde herab, wenn die entfernende Kraft, durch das fortwährende Widerstreben der Schwere überwältigt, zu wirken aufhört; oder sie drücken auf den unterstützenden Gegenstand, der die fortwirkende Gegenkraft vorstellet, durch die sie am Fallen verhindert werden.

Die so genannte negative Schwere, welche vormahls einige Naturforscher gewissen hypothetischen Stoffen, z. B. dem Phlogiston, beylegen wollten, wäre also ein Bestreben, sich vom Mittelpuncte der Erde zu entfernen. — Von den so genannten Incoercibilien, die deßwegen auch Imponderabilien heißen, kennen wir die Schwere nicht; allein nebstdem, daß ihre Materialität noch sehr zweifelhaft ist, scheinen sie nicht der Erde allein, sondern dem Universum anzugehören. — Die Richtung des Fadens, an dem ein schwerer Körper frey aufgehängt wird, gibt die Direction an, in welcher der Körper zu fallen strebt, und diese Linie muß verlängert durch den Mittelpunct der Erde gehen. Sie heißt daher die Vertical-Linie, und steht senkrecht auf der Horizontal-Ebene (z. B. auf einer Wasserfläche). Darauf beruht die Einrichtung der Bley- oder Lothwage (Fig. 17).

43. Alle Erscheinungen der Schwere finden eine befriedigende Erklärung in der Annahme, daß die Erde ihre sämmtlichen Theile anziehet, und zwar nach denselben Gesetzen, wie die Sonne die Theile ihres Systems, die Planeten und Kometen anziehet. Alle irdischen Körper werden von der Erde gegen ihren Mittelpunct nicht allein angezogen, sondern sie werden auch alle gleich stark angezogen, weil die anziehende Kraft der Erde, die man auch Schwerkraft heißt, stets dieselbe bleibt, und die specifische Verschiedenheit der Körper sowohl, als auch ihre Masse, die (obschon die Anziehung zwischen Erde und jedem schweren irdischen Körper wechselseitig ist) doch gewöhnlich gegen die Masse des ganzen Erdballes verschwindet, auf ihre Wirkungsart keinen bemerkbaren Einfluß hat; sie nähern sich also der Erde, wenn sie von derselben entfernt worden sind, und kein Hinderniß obwaltet, mit gleicher Geschwindigkeit: alle Körper fallen gleich schnell. Zwey gleiche Stücke, das eine von Gold das andere von Papier im luftleeren Raume, von derselben Höhe, in dem nähmlichen Augenblicke fallen gelassen, erreichen zu gleicher Zeit den Boden.

In der Luft fallen die Körper nicht gleich schnell, weil die dichteren den Widerstand einer im Verhältnisse zu ihrer Masse geringeren Menge Luft zu überwinden haben, als die lockeren (§. 38): in der Luft muß also das Gold schneller fallen als das Papier. Ein Weg wird nicht früher zurückgelegt, wenn zehn Menschen mit einander gehen, als wenn Einer allein geht: wenn aber ein Widerstand zu überwinden, z. B. ein Wagen fortzuschieben ist, so können die zehn Menschen früher damit ankommen, als der einzelne. — Alle Körper werden gegen den Mittelpunct der Erde angezogen, heißt so viel, daß die Richtung eines

frey fallenden Körpers, oder des Fadens, woran ein Körper frey hängt, verlängert durch den Mittelpunct der Erde ginge, und daß sich also dort alle diese Richtungen von den verschiedensten Theilen der Erdoberfläche kreutzen müßten. Jener Ausdruck will nicht so viel sagen, als ob alle Körper vom Mittelpuncte der Erde angezogen würden; denn die Anziehung geht von allen Theilen des Erdballes aus, Einer trägt so viel dazu bey als der andere; allein die Wirkung muß, mechanischen Gesetzen gemäß, so erfolgen, als ob die anziehenden Kräfte aller Theile der Erde im Mittelpuncte vereinigt wären, wie weiter unten beym Schwerpuncte noch mehr erhellen wird.

44. **Die Körper sind nur in gleichen Entfernungen vom Mittelpuncte der Erde gleich schwer.** Die Schwere eines auf der Oberfläche der Erde befindlichen Körpers nimmt ab, wenn er sich vom Mittelpuncte der Erde entfernt, oder sich demselben nähert. Das Abnehmen der Schwere bemerkt man schon auf hohen Bergen durch das Langsamerwerden der Pendelschwingungen (wovon weiter unten mehr). Am Aequator sind die Körper weniger schwer, d. h. fallen langsamer, als an den Polen, wegen der Figur des Erdballs. Durch vielfältige Beobachtungen und Berechnunghen hat man gefunden, daß die Schwere (so wie die Gravitation §. 40) abnimmt, wie die Quadrate der Entfernungen zunehmen. In Wien (48° 12′ nördl. Breite) fällt ein Körper an der Oberfläche der Erde in der ersten Secunde 15,51612 W. Fuß. In jener Entfernung, in welcher sich der Mond befindet, also 60 Erdhalbmesser von der Erde entfernt, ist die Schwere um $60 \times 60 = 3600$ Mahl geringer, und ein Körper fällt dort erst in Einer Minute so weit, als bey uns in Einer Secunde. Die Schwere steht ohne Zweifel auch im geraden Verhältnisse mit der Masse der Erde; würde diese ohne Veränderung ihres Umfanges plötzlich verdoppelt, so würden auch alle Körper noch ein Mahl so schwer, so daß sie bey uns in Einer Secunde 31,03224 W. F. fallen würden.

Weil die Schwere das Resultat der Anziehung aller Theile der Erde nach einer gewissen Hauptrichtung ist, so muß sie unter Verhältnissen abnehmen, wo einige Theile der Erde in einer dieser Hauptrichtung entgegengesetzten Richtung anziehen; dieses ist der Fall innerhalb des Erdballes selbst. Man denke sich einen Schacht von einem Theile der Oberfläche senkrecht durch den Mittelpunct der Erde bis zum entgegengesetzten Puncte der Oberfläche gegraben: die Schwere eines Körpers wird um so mehr abnehmen, oder er wird um so langsamer fallen, je näher am Mittelpuncte der Erde man den Versuch mit ihm

anstellet; im Mittelpuncte der Erde selbst wird er ganz aufhören schwer zu seyn, und frey schweben. Je tiefer nähmlich der Körper in die Erde gesenkt wird, desto mehr Theile befinden sich über ihm, die ihn gleichsam zurückziehen, und desto weniger unter ihm, die ihn gegen den Mittelpunct der Erde treiben. In diesem Mittelpuncte selbst ist der Körper von allen Seiten mit gleich viel Theilen der Erde umgeben, er wird folglich nach allen Richtungen von ihnen gleich stark gezogen, wodurch er natürlich in Ruhe versetzt wird. Innerhalb der Erde also nimmt die Schwere mit der Entfernung vom Mittelpuncte der Erde zu, und da sie außerhalb des Erd-Sphäroids wieder abnimmt, wie die Quadrate der Entfernungen zunehmen, so ist die Schwere auf der Oberfläche der Erde, z. B. des Meeres, am größten. — Bey dem Besteigen von Bergen nimmt nach den Pendelversuchen die Schwere in geringerem Verhältnisse ab, als sie der Theorie nach abnehmen sollte, wegen der eigenen Gravitation der Gebirgsmassen. Von den Polen gegen den Aequator nimmt auf der Oberfläche der Erde die Schwere aus zwey Ursachen ab: 1) wegen der aus der Achsendrehung der Erde entstehenden Schwungkraft, welche an den Polen = 0 ist, von da aber gegen den Aequator zunimmt, und welche der Richtung der Schwerkraft entgegenwirkt (Man denke nur an das Wegfliegen des Staubes, wenn eine Kugel schnell im Kreise gedreht wird, an das Kothwerfen der Wagenräder beym schnellen Fahren). Wegen der Schwungkraft fällt ein Körper am Aequator in der ersten Secunde um 0,052 F. weniger als an den Polen. 2) Wegen der elliptischen Gestalt (Abplattung an den Polen) des Erdballes als einer Folge jener Schwungkraft durch Achsendrehung. Der Halbmesser des Aequators beträgt 3367703 Wiener Klaftern; die halbe Erdachse nur 3353061 W. Kl.; folglich ist die Oberfläche der Erde am Aequator um 14642 Kl. vom Mittelpuncte weiter entfernt als an den Polen; eine Erhöhung, die gegen 3 3/4 Meilen, also bey weitem mehr als der höchste Berg beträgt. Aus dieser Ursache beträgt die Fallhöhe eines Körpers am Aequator um 0,05 F. weniger als an den Polen. Beyde Ursachen zusammengenommen geben eine Differenz in der Fallhöhe von 0,102 F. Der mittlere Halbmesser des Erd-Sphäroids findet sich unter 35° 15′ 52″ Breite: hier ist auch die Schwere die mittlere, und der Fallraum beträgt in der ersten Secunde 15,496 W. F. = 15,0778 Paris. F.; bey ruhender Erde würde er hier seyn 15,5304 W. F. = 15,1127 Paris. F. — Aus der Mechanik des Himmels ist bekannt, daß der Mond in Einer Minute 15,5 Schuh fallen muß, damit er unter den bekannten Verhältnissen seine Bahn beschreiben könne. — Die oben (§. 39*) angegebenen Fallräume auf den verschiedenen Himmelskörpern sind aus dem Satze berechnet, daß die Wirkungen der Schwere auf der Oberfläche dieser Weltkörper mit den Massen (den anziehenden Kräften dieser Körper) im geraden, und mit dem Quadrate ihrer Halbmesser im verkehrten Verhältnisse stehen.

45. Ohne eben Atomist zu seyn, kann man sich doch jeden Körper als aus sehr vielen kleinen Theilen bestehend vorstellen. Da nun jedes solches Theilchen von der Erde angezogen wird, so muß die Wirkung, welche alle Theile eines Körpers durch die von der Schwere erhaltene Geschwindigkeit hervorbringen, mit der Zahl dieser Theilchen, d. h. mit seiner Masse (§. 10*) im Verhältnisse stehen. Die Wirkung, welche ein Körper durch die Zahl seiner schweren Theilchen, worin seine Masse besteht, hervorbringt, heißt sein **Gewicht** (pondus). **Das Gewicht eines Körpers ist also das Product seiner Masse in die Geschwindigkeit**, d. h. in die Schwere, oder es ist die Größe der Bewegung, das mechanische Moment (§. 18), welches ein Körper durch die Schwere erhält. Da die Geschwindigkeit nun an demselben Orte in allen Körpern gleich ist, so richtet sich das Gewicht bloß nach der Masse; daher werden Gewicht und Masse für gleich bedeutende Ausdrücke genommen. Gewicht unterscheidet sich von Schwere eben so, wie Größe der Bewegung von Geschwindigkeit (§. 18). Die Grade der Schwere werden bloß durch die Geschwindigkeiten gemessen: darum sagen wir, daß die Körper an den Polen schwerer sind als am Aequator, weil sie dort schneller, hier langsamer fallen, ohne auf die Menge der fallenden Theile die geringste Rücksicht zu nehmen. Das Gewicht eines Körpers aber wird bestimmt durch den Grad des Druckes, den er auf den unterstützenden Gegenstand ausübet, oder durch die Gegenkraft, die man anwenden muß, um einen Körper vom Fallen abzuhalten, oder ihn zu unterstützen, welche sich nicht allein nach der Geschwindigkeit, sondern auch nach der Menge der mit dieser Geschwindigkeit begabten Theile, also nach der Masse (und da die durch die Schwere erhaltene Geschwindigkeit gleich ist, **bloß nach der Masse**) richten muß.

In den frühesten Zeiten mag diese Gegenkraft wohl nur die Muskelkraft gewesen seyn: man nannte jene Körper schwerer, d. h. gewichtiger, welche aufzuheben oder in der Höhe zu halten viel Anstrengung erforderten; leichter diejenigen, welche ohne viel Aufwand von Muskelkraft in die Höhe gehoben und so gehalten werden konnten. So sieht man auch noch heut zu Tage Menschen solche Gegenstände, bey denen es auf Genauigkeit nicht ankommt, bloß mit den Händen wägen. Genauer und leichter läßt sich aber dieß mittelst Vorrichtungen thun, durch die man einen Körper leicht in die Lage zu fallen bringen, durch welche man aber dieß Fallen mit genau bestimmten Gegenkräften

eben so leicht verhindern kann. Diese Vorrichtungen heißen Wagen, und die genau bestimmten Gegenkräfte Gewichte. Davon später ausführlicher.

46. Das Gewicht eines Körpers, welches ohne Berücksichtigung seiner Ausdehnung (seines Volumens) bestimmt worden ist, heißt das absolute Gewicht, und ist also mit der Masse eines und dasselbe. — Nimmt man aber bey der Bestimmung des Gewichts zugleich auf die Ausdehnung des Körpers Rücksicht; so nennet man, nach einem allgemein angenommenen Sprachgebrauche, jenen Körper schwerer, der bey einem kleinen Umfange ein großes, jenen hingegen leichter, der bey einem großen Volumen ein kleines Gewicht zeigt, also Eisen schwerer als Holz, aber leichter als Gold. Das im Verhältnisse zur Ausdehnung bestimmte Gewicht heißet man das specifische Gewicht, und hält es mit der Dichtigkeit für identisch. Man erhält das specifische Gewicht eines Körpers im Quotienten, wenn man sein absolutes Gewicht durch seine Ausdehnung dividirt (so wie man die Geschwindigkeit erhält, wenn man den Raum durch die Zeit dividirt §. 19). Bey gleicher Ausdehnung mehrerer Körper verhält sich ihr specifisches Gewicht gerade wie ihr absolutes, bey gleichem absoluten Gewichte verhält es sich umgekehrt wie die Ausdehnungen.

Man nennet das specifische Gewicht im gemeinen Leben gewöhnlich specifische Schwere, aber sehr uneigentlich; denn diese könnte nur dann Statt finden, wenn nicht alle Körper mit gleicher Kraft von der Erde angezogen würden, also mit ungleicher Geschwindigkeit fielen. — Die mit Berücksichtigung des absoluten Gewichts eines Körpers bestimmte Ausdehnung könnte man dessen specifische Ausdehnung heißen. — Indem man das Wort »schwer« in jeder der eben genannten drey Bedeutungen nimmt, kann man in voller Wahrheit sagen: Das Mennig ist gleich schwer, ist schwerer und ist leichter, als das metallische Bley, durch dessen Oxydirung es entstanden ist.

47. In jedem Körper gibt es Einen, und zwar nur Einen Punct, bey dessen Unterstützung der ganze Körper unterstützt ist, um welchen herum folglich alle übrigen Theile des Körpers im Gleichgewichte stehen müssen. So kann man z. B. einen Teller auf die Spitze eines Messers feststellen. Dieser Punct heißt der Schwerpunct, und in demselben kann man sich bey vielen Wirkungen des Körpers seine ganze Masse vereinigt vorstellen. Wenn der Schwerpunct eines Körpers nicht unterstützt ist, so fällt dieser. Unterstützt ist der Schwerpunct,

wenn die senkrechte, durch den Schwerpunct gezogene Linie, die **Directions-Linie ab** (Fig. 18), auch durch die **Unterstützungsfläche** geht. Bey einem Wagen z. B. ist die Fläche, die er mit seinen vier Rädern einschließt, die Unterstützung: so lange die senkrechte, durch seinen Schwerpunct gezogene Linie noch auf diese Fläche fällt, steht er fest; so bald aber der Wagen so weit überhängt, daß diese Linie außer jene Fläche zu stehen kommt, so fällt er um. Deßwegen kann eine Kugel nur auf einer horizontalen Ebene ruhen, und muß über jede nur etwas geneigte Fläche herabrollen (Fig. 14). — Je größer daher die Unterstützungsfläche ist, und je näher ihr der Schwerpunct liegt, desto fester steht ein Körper; deßwegen steht ein Kegel oder eine Pyramide fester als ein Cylinder; deßwegen wirft ein kurzer, schmaler, hoher oder hochbepackter Wagen leichter um, als ein langer, breiter, niedriger.

So lange ein Mensch frey aufrecht stehen will, muß die senkrechte, durch seinen Schwerpunct, der ziemlich tief im Unterleibe liegt, gezogene Linie auf die von seinen zwey Füssen eingeschlossene Fläche fallen. Deßwegen stellet er die Füsse auseinander, wenn er fest stehen, oder sich vor dem Fallen sichern will. Weil diese Fläche nach der Seite zu größer ist, als von hinten nach vorne, so fallen auch die Menschen meistens rückwärts oder vorwärts, selten nach der Seite. Wegen dieser Unterstützung des Schwerpunctes müssen sich Schwangere beym Gehen zurück, die etwas auf dem Rücken Tragenden vorwärts, und Diejenigen, die etwas auf der einen Seite tragen, auf die entgegengesetzte Seite biegen, oder den Arm auf der entgegengesetzten Seite wagrecht ausstrecken. Beym Gehen neigen wir den Körper auf die rechte Seite, wenn wir den linken Fuß heben, auf die linke Seite, wenn wir mit dem rechten Fuße vorwärts schreiten, weil der Schwerpunct des ganzen Körpers von dem ruhenden Fuße allein unterstützt werden muß. Deßwegen stossen sich Menschen, die enge beysammen gehend, die gleichnahmigen Füsse nicht zugleich heben; daher hat man es für nothwendig gefunden, die Soldaten zu gewöhnen, mit demselben Fuße aus und in demselben Schritte fortzumarschiren. Beym Laufen biegt man den Körper so weit vorwärts, daß man beständig fallen würde, wenn man nicht durch das Vorsetzen des Fußes geschwind noch zu Hülfe käme; deßwegen kann man auch im Laufen nicht plötzlich inne halten. In der Fertigkeit, die Directions-Linie selbst auf einer sehr kleinen Fläche zu behalten, oder sie gleich wieder auf dieselbe zu versetzen, beruht der größte Theil der Kunststücke der Seiltänzer, Balancierer u. dgl. Stehmännchen, chinesischer Purzelbaum, sägende Figuren u. dgl. m. Ein Tisch mit drey Füssen ist leichter fest zu stellen als

ein anderer mit vier Füssen, weil jene immer in einerley Ebene fallen, welches bey diesen nur dann der Fall ist, wenn die Füsse gleich lang sind, und der Boden nicht uneben ist. Die den Schwerpunct eines Körpers unterstützende Unterlage trägt das ganze Gewicht desselben. Daher wirkt ein wagrecht fallender Balken heftiger auf einen Gegenstand, wenn er mit seiner Mitte (mit seinem Schwerpuncte) auffällt, als wenn er ihn bloß mit einem Ende trifft. Jeder Körper wird von der Erde so angezogen, als wären alle seine Theile im Schwerpuncte versammelt, und umgekehrt zieht auch wieder die ganze Erde jeden Körper so an, als wäre ihre ganze Masse in ihrem Mittelpuncte, der bey jeder gleichartigen Kugel zugleich der Schwerpunct ist, beysammen (§. 43). Bey vielen theoretischen Untersuchungen sieht man von der Ausdehnung der Körper ab, und dünkt sich dieselbe bloß als Schwerpuncte, d. h. ihre ganze Wirksamkeit in diesen vereinigt. — Wenn ein Körper außerhalb des Schwerpunctes frey aufgehängt ist, so ruhet er nicht eher, bis sein Schwerpunct senkrecht unter den Aufhängepunct (eigentlich Unterstützungspunct von oben) zu stehen kommt. Darauf gründet sich eine Methode, den Schwerpunct eines unregelmäßigen oder ungleichartigen Körpers practisch zu finden (Fig. 19). Man hänge den Körper, z. B. eine unregelmäßige Platte, am Rande so auf, daß sie um den Aufhängepunct freybeweglich ist, suche dann mittelst des Bleylothes die Senkrechte vom Aufhängepuncte a b: der Schwerpunct muß in dieser Senkrechten liegen. Dann hänge man die Platte an einer andern Stelle des Randes eben so auf, suche von diesem Puncte die Senkrechte: dort wo die erste Senkrechte von der zweyten geschnitten wird, also in c, ist der Schwerpunct der Platte.

48. Wenn ein Körper von einer gewissen Höhe fällt, z. B. längs der Linie AB (Fig. 20), so wirkt die Schwere durch die ganze Zeit des Fallens mit gleicher Stärke auf ihn; folglich (§. 21) muß seine Bewegung eine gleichförmig zunehmende seyn. Bey dieser Art von Bewegung nehmen die Räume, welche in gleichen Zeiten beschrieben werden, d. h. die Geschwindigkeiten zu, wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, u. s. f. Ein Körper fällt daher in der zweyten Secunde drey Mahl, in der dritten Secunde fünf Mahl, in der vierten Secunde sieben Mahl so weit, d. h. so schnell oder geschwind, als in der ersten. Wenn er demnach in der ersten Secunde 15,5 Fuß, oder von A bis c (Fig. 20) fällt, so fällt er in der zweyten 15,5 × 3 = 46,5 Fuß, oder von c bis d, in der dritten 15,5 × 5 = 75,5 Fuß, von d bis e, in der vierten 15,5 × 7 = 108,5 Fuß, von e bis B, u. s. f.

Man kann folglich die Endgeschwindigkeit, die ein fal-

lender Körper nach einer gewissen Zeit erlangt hat, und welche durch den Raum gemessen wird, den der Körper mittelst der durch den Fall erlangten Geschwindigkeit, bloß seinem Beharrungsvermögen zu Folge, in der nächsten Secunde zurücklegen würde, finden, wenn man die Zahl der Secunden mit dem doppelten Fallraume in der ersten Secunde (bey uns 31 Fuß) multiplicirt. In der sechzigsten Secunde, also zu Ende der ersten Minute, hat ein Körper eine Geschwindigkeit, mit der er $31 \times 60 = 1860$ Fuß in Einer Secunde zurücklegt. Der Zuwachs von Geschwindigkeit, den ein fallender Körper in jeder Secunde durch die fortwährende Einwirkung der Schwere erlangt, heißt die constante Beschleunigung: sie ist gleich der in der ersten Secunde erlangten Endgeschwindigkeit, mit welcher der Körper doppelt so viel Raum durchlaufen hätte, als er wirklich durchlaufen hat. — Da die Geschwindigkeit beym Fallen so schnell wächst, und die Größe der Bewegung das Product aus der Masse in die Geschwindigkeit ist, so wird es begreiflich, wie die durch den Fall eines Körpers hervorgebrachte Wirkung, oder die Größe seiner Bewegung mit der Zunahme der Höhe, von der er fällt, so sehr vermehrt wird (Glevum, über das Einrammen der Pfähle: Polyt. J. 25, 120). Man hat gefunden, daß eine messingene Kugel, welche im ruhenden Zustande auf der Wage Einem Pfunde das Gleichgewicht hält, nur von einer Höhe von 1,2 W. Zoll herabzufallen braucht, um zwey Pfunden das Gleichgewicht zu halten, und daß dann die Größe ihrer Bewegung wächst, wie die Quadratwurzeln der Höhen, von denen sie fällt; daß sie also 4,8 Zoll hoch herabfallen muß, um vier Pfunden das Gleichgewicht zu halten, und 10,8 Zoll um 6 Pfunden das Gleichgewicht zu halten u. s. w. — Die Räume, welche durch eine solche Bewegung beschrieben werden, müssen sich verhalten, wie die Quadrate der Zeiten. Fällt also ein Körper in Einer Secunde 15,5, so fällt er in zwey Secunden $2 \times 2 = 4 \times 15{,}5 = 62'$, in drey Secunden $3 \times 3 = 9 \times 15{,}5 = 139{,}5$, in sechzig Secunden, also in Einer Minute, $60 \times 60 = 3600 \times 15{,}5 = 55800'$ u. s. f.

49. Wenn ein Körper mit irgend einer Gewalt senkrecht herabgeworfen wird, so muß zu der Geschwindigkeit, die er durch die Schwere erlangt, noch jene hinzu gerechnet werden, die er durch die werfende Kraft erhalten hat. — Wird aber ein Körper senkrecht in die Höhe geworfen, so wirkt zwar die Schwere auch unaufhörlich

auf ihn, allein der Wurfbestimmung gerade entgegen: die Geschwindigkeit des in die Höhesteigens nimmt also in eben demselben Verhältnisse ab, wie die Geschwindigkeit des Herabfallens zunimmt, nähmlich wie die ungeraden Zahlen 9, 7, 5, 3, 1; die Räume verhalten sich wie die Quadrate der Zeiten, wenn man beyde vom Ende gegen den Anfang des Steigens zählet; und der ganze Raum beträgt nur die Hälfte von dem, den der Körper in derselben Zeit mit gleichförmiger Bewegung zurückgelegt hätte. Durch die Schwere wird also die Wirkung der Wurfskraft immer rascher vermindert, endlich ganz aufgehoben, und der Körper, nun bloß seiner Schwerbestimmung folgend, kehrt wieder mit gleichförmig beschleunigter Bewegung zur Erde zurück, so daß er zum Herabfallen dieselbe Zeit braucht, die er zum Aufsteigen verwendet hat, und mit derselben Geschwindigkeit anlangt, mit welcher er ausgegangen war. (Dasselbe wird umgekehrt erfolgen, wenn ein vollkommen elastischer Körper von einer gewissen Höhe senkrecht herabfällt und wieder zurückspringt).

Daraus kann man leicht berechnen, wie hoch eine Kanonenkugel gestiegen ist, wenn man nur die Zeit ihres Ausbleibens bemerkt hat; oder wie hoch sie steigen muß, wenn man die Geschwindigkeit kennt, mit der sie den Lauf verläßt. Ist z. B. eine Kugel 52 Secunden ausgeblieben, so hat sie die Hälfte davon, also 26 Secnnden zum Aufsteigen, die anderen 26 Secunden zum Herabfallen gebraucht. Wie hoch fällt nun eine Kugel in 26 Secunden? $26 \times 26 = 676$ (das Quadrat der Zeit); dieses multiplicirt mit der Geschwindigkeit in der ersten Secunde $15{,}5 \times 676 = 10478$ Fuß = 1746 Klaftern. Eine mit 1800 Fuß Geschwindigkeit in der ersten Secunde senkrecht abgeschossene Kugel würde 1 Minute und 57 Secunden ausbleiben, und eine Höhe von 8868 Klaftern erreichen. Wenn man die Secundenzahl, welche ein senkrecht in die Höhe geworfener Körper zum Steigen und zum Fallen gebraucht hat, also die Zeit seines Ausbleibens in Secunden, mit 15,5 multiplicirt, so erhält man seine Geschwindigkeit in der ersten Secunde: wenn man z. B. nach dem letzten Beyspiele 117 Secunden (= 1 Minute und 57 Secunden) mit 15,5 multiplicirt, so erhält man 1813 für die Geschwindigkeit in der ersten Secunde. — Diese Gesetze des Steigens und Fallens der Körper, oder der gleichförmig zu- und abnehmenden Bewegung überhaupt, lassen sich durch die von Fischer vereinfachte Atwood'sche Fall-Maschine versinnlichen (S. Gilbert's Annalen der Physik, Bd. XIV.). Bey allen obigen Rechnungen ist auf den Widerstand der Luft gar keine Rücksicht genommen.

welcher die Resultate freylich beträchtlich ändern kann; so wird z. B. die Kanonenkugel bey weitem nicht mit jener Geschwindigkeit herabkommen, mit welcher sie hinaufgeschossen wurde.

50. Wird ein Körper weder senkrecht hinauf noch hinab, sondern wagrecht oder horizontal geworfen; so wirken zwey Kräfte unter einem Winkel auf ihn, nähmlich die Wurfkraft, die ihn wagrecht treibt, und die Schwere, die ihn senkrecht niederzieht, so zwar, daß er in der ersten Secunde 15,5 sinken muß. Von diesen zwey Kräften ertheilt ihm die Wurfkraft eine gleichförmige, die Schwere aber eine gleichförmig zunehmende Bewegung; der Körper muß also eine krumme Linie beschreiben (§. 23), welche in diesem Falle, wie die höhere Geometrie beweist, eine Parabel ist, und welche Fig. 21 durch die Linie AB dargestellt wird. AC, CD, DE, EF, stellen die gleichen Zeittheile; Cc, Dd, Ee, FB das jedem Zeittheile correspondirende Sinken durch die Schwere; 1c, 4d, 9e, 16B die durch die Wurfkraft beschriebenen Räume vor. Wird der Körper schief auf- oder abwärts geworfen, so hat die Parabel nur eine andere Gestalt, wie z. B. Fig. 22.

Eine Parabel ist eine krumme Linie, welche die mit einer Seite des Kegels parallele Schnittfläche einschließt. — Daraus kann man sich erklären, warum ein horizontal geworfener Stein zu Boden fällt, obschon er dann noch weit auf der Erde fortrollt, die Wurfskraft also noch nicht erschöpft ist; warum zwey gleiche Kugeln, wovon man auf einem hohen Thurme die Eine aus einer Kanone horizontal abschießt, die andere in demselben Augenblicke nur fallen läßt, zur selben Zeit am Boden ankommen werden. Die größte Wurfsweite gehört, abgesehen vom Widerstande der Luft, zu einem Wurfswinkel von 45°. Daraus folgt auch, daß es eigentlich gar keinen Kernschuß gibt, sondern daß jede Kugel das Ziel nur in einer Bogenbewegung erreicht (Fig. 23); daß eine Kugel, die nur Eine Secunde auf dem Wege bleibt, 15,5 W. Fuß über dem Ziele angetragen seyn muß; warum man aus demselben Gewehre mit derselben Pulverladung nur auf eine bestimmte Entfernung richtig schießen kann. Darauf ist bey der Einrichtung des Geschützes gerechnet. Das Absehen oder Korn bey Flinten, Scheibenröhren u. dgl. Die parabolische Theorie der Wurfbewegungen ist die Grundlage der Artillerie.

50. Die angegebenen Gesetze der gleichförmig zunehmenden Bewegung bey fallenden, und der gleichförmig abnehmenden Bewegung bey steigenden Körpern, lassen sich beym freyen Falle und beym freyen Steigen nicht zuverläßig beobachten, weil die Bewegung un-

ter diesen Umständen meistens zu rasch vor sich geht; daher auch die Einrichtung der Atwood'schen Fall-Maschine das Mäßigen dieser Bewegung zum Zwecke hat. Dasselbe geschieht auch, wenn ein Körper, statt frey zu fallen oder zu steigen, über eine schiefe Fläche hinab- oder hinaufrollt. Ueber diese rollt ein Körper nicht mit seiner ganzen Schwere herab, mit der er senkrecht fällt, sondern ein Theil dieser Kraft wird dazu verwendet, auf die schiefe Unterlage zu drücken; mit dem übrig bleibenden Theile der Schwere rollt dann der Körper herab. Der Theil der Schwere, mit welchem ein Körper über eine schiefe Ebene fällt, heißt seine relative Schwere; der Theil, womit er auf die schiefe Ebene drückt, die drückende Schwere; so wie die ganze Schwere, mit der er frey senkrecht fällt, seine absolute Schwere genannt wird. Die relative Schwere verhält sich zur absoluten, wie die Höhe der schiefen Fläche BC (Fig. 14) zu ihrer Länge CA; je höher und kürzer also eine schiefe Fläche ist, desto schneller läuft ein Körper über sie herab. Die absolute Schwere verhält sich zur drückenden, wie die Länge der schiefen Fläche BC, zu ihrer Basis BA. Die relative Schwere befolgt dieselben Gesetze, wie die absolute; sie ertheilt nähmlich dem herabrollenden Körper eine gleichförmig zunehmende Bewegung, so zwar, daß der Körper am Ende dieselbe Geschwindigkeit hat, als er zu Ende des freyen Herabfallens über die Höhe der schiefen Ebene erlangt haben würde: die längere Einwirkung der beschleunigenden Schwere ersetzet gerade das, was an ursprünglicher Kraft verloren gegangen ist. Daraus folgt auch, daß eine Kugel beym Herabrollen über zwey schiefe Ebenen von derselben Höhe, aber von verschiedener Länge, dieselbe Geschwindigkeit erlangt. Die Fallräume eines frey und eines über eine schiefe Fläche fallenden Körpers verhalten sich für gleiche Zeiten, wie die Länge zur Höhe der schiefen Fläche. — Das, was von dem Herabrollen über schiefe Flächen gesagt worden ist, läßt sich eben so auf das Hinaufgehen über dieselben anwenden, wie das über das Fallen der Körper Gesagte auf ihr Steigen angewandt werden konnte. Wenn eine Kugel auf einer schiefen Ebene in Ruhe zu erhalten, oder über dieselbe hinauf zu bewegen ist, so darf nur ihrem relativen Gewichte das Gleichgewicht gehalten, oder nur dieses muß überwunden werden (§. 39). Einen Theil des Zirkelbogens kann man als ein System von sehr vielen kleinen, schiefen Flächen ansehen. Wenn man sich eine Rinne nach der Krümmung der halben Peri-

pherie eines Kreises oder einer andern krummen Linie gebogen und mit der Mitte ihrer converen Seite auf einer Horizontal-Ebene stehend denkt (Fig. 23); so muß eine Kugel, welche man von dem einen Ende des Zirkelbogens herabrollen läßt, auf der andern Seite beynahe eben so hoch wieder hinaufsteigen; dann hier wieder herab, jenseits wieder hinaufrollen, und dieß so lange fortsetzen, bis die unvermeidlichen Hindernisse diese Bewegung aufheben. — Dasselbe muß nun auch geschehen, wenn ein Körper gerade nicht auf einer solchen Fläche rollt, sondern wenn er unter andern Umständen, z. B. an einem Faden hängend, eine solche krumme Linie beschreibt; auch in diesem Falle wird er nähmlich auf der entgegengesetzten Seite gerade eine solche Krümmung hinauf beschreiben, als er auf der einen Seite herab beschrieben hatte. Darauf gründet sich die Pendelbewegung. Dadurch erkläret sich auch die überraschende Eigenheit schiefer Flächen, die von verschiedenen Puncten der inneren Peripherie eines Kreises in einem gemeinschaftlichen Puncte derselben Peripherie zusammenlaufen, wie z. B. in Fig. 24 die schiefen Flächen ac, bc, dc, fc; daß Kugeln auf einer wie auf der andern nur so viel Zeit zum Hinabrollen bedürfen, als sie zum senkrechten Durchfallen des Durchmessers gc brauchen würden, und daher, wenn sie zu gleicher Zeit in der Peripherie auf die schiefen Flächen gelegt werden, auch in demselben Augenblicke in c ankommen.

Die auf der schiefen Fläche CA (Fig. 14) herabrollende Kugel K würde, wenn die schiefe Fläche dieses nicht hinderte, senkrecht, also in der Richtung cfg fallen. cf soll ihre Fallgeschwindigkeit ausdrucken. Diese nun wird zerlegt: mit Einem Theile derselben = ce druckt sie bloß auf die schiefe Unterlage, und mit Einem Theile = cd, der ihre relative Schwere darstellt, fällt (oder rollt) sie längs der schiefen Ebene herab. Diese zwey Linien verhalten sich aber wie die Basis zur Höhe der schiefen Ebene: so verhält sich folglich auch der Theil der Schwere des Körpers, mit dem er drückt, zu jenem, mit dem er hinabrollt. Die absolute Schwere verhält sich zur relativen wie cf : cd; diese zwey Linien verhalten sich aber wie die Länge der schiefen Ebene zur Höhe. Die absolute Schwere verhält sich zur drückenden wie cf : ce; diese zwey Linien verhalten sich aber wie CA : BA, also wie die Länge der schiefen Fläche zur Basis. Auf einer schiefen Ebene von 60 F. Länge, 20 F. Höhe und 56,5 F. Basis rollet also eine Kugel während der ersten Secunde nicht durch 15,5 F., sondern nur durch 5,18 F.; wenn die Kugel 76,5 Pfund wiegt, so werden von der schiefen Ebene bloß 56,5 Pfund getragen; und bey A übet die hinabrollende Kugel dieselbe Wir-

kung aus, als ob eine 20 Pfund wiegende Kugel über CB frey hinabgefallen wäre.

Pendelbewegung.

52. Ein einfaches Pendel (in streng mathematischer Bedeutung) ist ein schwerer Punct, der an einem vollkommen steifen, gewichtlosen, um seinen Aufhängspunct ganz frey beweglichen Faden herabhängt. In der Ausführung ist ein solches Pendel (eigentlich ein physischer Punct an einer mathematischen Linie) unmöglich; denn wir haben keinen Körper, der ein bloßer schwerer Punct und nicht auch ausgedehnt wäre; dann kennen wir auch keinen vollständig unbiegsamen und dabey ganz gewichtlosen Faden. Alle unsere Pendel sind also zusammengesetzt. Die Gesetze der Pendelbewegung lassen sich jedoch am besten am einfachen Pendel nachweisen; später wird die Uebertragung derselben auf unsere zusammengesetzten Pendel gelehrt werden.

53. Es sey (Fig. 25) AB ein einfaches Pendel. Die Entfernung vom Aufhängpuncte A bis zu dem schweren Puncte B heißt die Länge des Pendels. Der Punct B wird durch die Schwere den Faden senkrecht gegen die Horizontal-Ebene GBH ziehen, und ihn in dieser Lage erhalten. Der genannte Punct werde aber durch eine äußere Gewalt in dem Bogen BCD nach D bewegt; so ist es eben so, als wenn B über die schiefe Fläche BD hinaufgerollt worden wäre. In D kann der Körper nicht ruhen; sondern er muß mit der relativen Schwere DH wieder herab nach B rollen. Hier kommt er mit beschleunigter Geschwindigkeit an, und muß nun mit abnehmender Geschwindigkeit auf der entgegengesetzten Seite in dem Bogen BCF nach F steigen, so daß er zum Hinaufsteigen dieselbe Zeit verwendet, die er zum Herabfallen gebraucht hatte. In F erfolgt dasselbe, was vorher in D geschah; der Körper kommt mit beschleunigter Geschwindigkeit wieder nach B, und von da mit abnehmender nach D. So müßte es mit einem streng einfachen Pendel, in einem nicht widerstehenden Mittel in Einem fortgehen. Bey unsern gewöhnlichen Pendeln setzt die Reibung des Fadens an dem Befestigungspuncte und der Widerstand der Luft dieser Bewegung Gränzen, so daß das Pendel nach einer gewissen Anzahl Schwingungen in B ruhet. — Die Bewegung des Pendels in dem Bogen BDF, oder das Herabgehen auf der einen und das Hinaufsteigen auf der andern Seite zu-

sammen genommen, heißt ein **Pendelschlag**, oder eine ganze **Schwingung**; die Zeit, in welcher eine solche Schwingung vollbracht wird, heißt die **Schwingungszeit**. Das Herabgehen von F nach B, oder die Erhebung von B nach D allein, heißt eine **halbe Schwingung**, und die dazu verwendete Zeit eine **halbe Schwingungszeit**. Pendelschläge, welche in gleichen Zeiten vollbracht werden, heißen **gleichzeitig (isochronisch)**, und so heißen auch die Pendel selbst, welche gleichzeitige Pendelschläge machen.

54. Da die Ursache der Pendelbewegung, die Schwere, an demselben Orte der Erde immer in gleichem Grade wirkt; so müssen auch die Schwingungen bey unveränderter Länge des Pendels mit gleicher Geschwindigkeit erfolgen: darin besteht ihr **Isochronismus**. Je größer bey einem und demselben Pendel die Schwingungen sind, desto größer ist auch die Geschwindigkeit, mit welcher der schwere Punct in B ankommt, und um so schneller muß er auch wieder nach F ansteigen; die Geschwindigkeit der Bewegung wächst also mit der Größe der Schwingungen, und dasselbe Pendel muß daher in gleicher Zeit eben so viel große als kleine Schwingungen machen, oder die Pendelschwingungen erfolgen nicht nur isochronisch, sondern auch **tautochronisch**. Je kürzer ein Pendel ist, desto kleiner wird der Zirkel, von dem der schwere Punct einen Bogen beschreibt, desto größer wird folglich auch die Höhe im Verhältnisse zur Länge der schiefen Fläche; der Körper muß also geschwinder herab, folglich auch geschwinder wieder hinauf rollen, und die ganze Schwankung daher in kürzerer Zeit vollbringen. Man hat das Gesetz gefunden, daß sich die Schwingungszeiten wie die Quadratwurzeln der Pendellängen, und die Pendellängen wie die Quadrate der Schwingungszeiten verhalten. Wenn also ein Pendel, welches Secunden schlägt, 452 Linien lang ist, so muß es, um in zwey Secunden nur ein Mahl zu schlagen, vier Mahl, also 1808 Linien; um in drey Secunden ein Mahl zu schlagen, neun Mahl so lang, also 4068 Linien lang seyn. Ein Pendel, welches Minuten schlagen sollte, müßte schon 1883 Klaftern lang seyn, nähmlich $60^2 = 3600 \times 452 = 1427200$ Linien $= 1883$ Klaftern. Man kann also aus der Länge des Pendels berechnen, in welcher Zeit es seine Schwingung vollbringt, und umgekehrt aus den bekannten Schwingungszeiten auch die Länge finden. Ein Pendel, welches gerade in Einer

Secunde Eine Schwingung verrichtet, heißt ein Secundenpendel. Dieses hat in Wien eine Länge von 452,739 Linien = 3 Fuß 1 Zoll 9 Linien = 0,994 Metre. Man kann ein solches Pendel als einen Zeitmesser anwenden, wenn man eine Vorrichtung anbringt, welche das Pendel in Bewegung erhält, d. h. ihm so viel Bewegung mittheilt oder ersetzet, als durch die unvermeidlichen Hindernisse jeder Bewegung verloren geht, und welche zugleich die Zahl der vollbrachten Schwingungen angibt, wie dieß bey unsern Pendeluhren der Fall ist. Da aber durch die Wärme das Pendel ausgedehnt, also verlängert, und durch die Kälte wieder verkürzt wird, so macht der Wechsel der Temperatur Verbesserungen nothwendig, die theils am Pendel selbst angebracht, theils durch Berechnung zu finden sind. Eben so könnte man in der Musik Pendel statt Tactschläger brauchen: Mälzel's Metronome.

Da ein Pendel in einer bestimmten Zeit um so mehr Schwingungen machet, je kürzer die Dauer jeder einzelnen Schwingung ist: so verhalten sich auch die Längen der Pendel umgekehrt wie die Quadrate der in gleicher Zeit zurückgelegten Schwingungen oder wie die Schwingungszahlen; und die Schwingungszahlen in gleichen Zeiten verhalten sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln der Pendellängen. Macht z. B. ein Pendel 100 Schwingungen, während ein anderes nur 50 macht, so verhalten sich die Pendellängen wie 2500 : 10000 oder 1 : 4. Ist ein Pendel 100, das andere aber 144 Linien lang, so wird das erste 6 Schwingungen machen, während das zweyte in derselben Zeit nur 5 Schwingungen machet. — Die Pendelschwingungen sind nicht ganz genau tautochronisch, indem das Pendel zum Durchschwingen großer Bogen etwas mehr Zeit braucht als zum Durchschwingen kleiner Bogen; wenn jedoch die Schwingungsbogen kleiner als 15 Grade sind, so wird der Unterschied, seiner Unbedeutenheit wegen, erst nach vielen tausend Schwingungen bemerkbar. Die Mathematik lehrt die Ursache und die Berechnungsart dieser Unterschiede. — Erst mit der Anwendung der Pendel bey unsern Uhren (durch Huygen's im Jahre 1656) können wir uns auf den Gang der letzteren verlassen. Bey den Sackuhren vertritt die Stelle des Pendels als Zeitmesser, die an der Unruhe befestigte Spiralfeder, deren Schwingungen nach ähnlichen Gesetzen wie jene des Pendels erfolgen.

55. Die Geschwindigkeit der einzelnen Pendelschwingungen und folglich auch ihre Anzahl in einer bestimmten Zeit, hängt aber nicht allein von der Länge des Pendels, sondern auch von dem Grade der Schwere (nicht des Gewichtes) des schweren Punctes ab. Da

nun die Schwerbestimmung mit der Entfernung vom Mittelpuncte der Erde abnimmt, so wird sich dieß am Pendel zeigen, welches in einer größeren Entfernung langsamer schwingen, oder wenn es gleich schnell schwingen soll, verkürzt werden muß. Die Schwerkräfte an zwey verschiedenen Orten der Erde stehen zu einander genau in demselben Verhältnisse, wie die Längen der wahren Secundenpendel, oder wie die Quadrate der Schwingungszahlen desselben Pendels an beyden Orten.

Dieses hat sich auch wirklich durch die Erfahrung bestätigt. Condamine und Bouguer haben beobachtet, daß dasselbe Pendel, welches am Ufer des Amazonen-Flußes in 24 Stunden 98770 Schwingungen machte, in der 1460 Toisen über die Meeresfläche erhabenen Stadt Quito nur 98740, und auf dem noch um 970 Toisen höheren Gipfel des Berges Pitchincha nur 98710 solche Schwingungen machte. Man könnte folglich auch Pendel brauchen, um die Höhe der Berge oder überhaupt die Entfernung verschiedener Puncte auf der Oberfläche der Erde von dem Mittelpuncte der letzteren zu bestimmen. Aus der Abnahme der Zahl der Pendelschwingungen (folglich auch der Schwerkraft) am Aequator, und aus ihrer Zunahme gegen die Pole hat man auch geschlossen, daß die Oberfläche der Erde an den Polen ihrem Mittelpuncte näher als am Aequator, der Erdball folglich keine regelmäßige, sondern an den Polen etwas abgeplattete Kugel, ein Ellipsoid, ist (§. 43*). Der französische Astronom Richer fand, daß sein von Paris mitgebrachtes Secundenpendel (welches also in Paris täglich 86400 Schwingungen machte), in Cayenne (nahe am Aequator) keine Secunden mehr schlug, sondern täglich um 120 Schläge zurückblieb (also nur 86280 Schwingungen machte). Es verhält sich demnach die Schwere in Paris zu jener in Cayenne wie $8640^2 : 8628^2 = 720^2 : 719^2 = 5184 : 5170$. Wenn also in Paris ein Körper in der ersten Secunde 15,101 P. F. fällt, so wird er in Cayenne nur 15,059 P. F. fallen. Und wenn das Secundenpendel in Paris 440,6 P. Linien lang ist, so wird es in Cayenne nur 439,5 Linien lang seyn dürfen. Die Richtigkeit dieser Beobachtung ist dann durch Untersuchungen auf andern Wegen bestätiget worden. Man hat gefunden, daß am Aequator die Körper in der ersten Secunde 15,46364 W. F. fallen, bey uns in Wien (48° 12′ nördl. Breite) 15,51642 Fuß, in Petersburg (59° 56′ nördl. Breite) schon 15,53125 Fuß (§. 43*). Wenn man die durch ein bestimmtes Maß ausgedruckte Pendellänge an irgend einem Orte mit der Zahl 9,8696 multiplicirt, so erhält man die constante Beschleunigung durch die Schwere, oder den doppelten Fallraum in der ersten Secunde an diesem Orte in demselben Maße.

Beobachtungsort.	Breite.	Länge	
		des wahren Secunden-Pendels in P. Linien.	des Fallraums in der 1. Sec beym freyen Fall in P. Fuß.
Unter dem Aequator	0° 0'	439,21	15,051
zu Wien	48—12	440,561	15,099
zu Paris	48—50	440,64	15,101
zu Pello in Lappland	66—48	441,17	15,118
auf Spitzbergen	79—50	441,40	15,126

Für die Pole hat man die Länge des Secundenpendels auf 36,8 P. Zoll oder 441,5928 P. Linien berechnet. — Weil das Secundenpendel in derselben Breite und derselben Erhebung über die Meeresfläche immer dieselbe Länge haben muß, so hat man es auch als Einheit für das Längenmaß vorgeschlagen. — Diese interessanten Beobachtungen gaben schon der Meinung Derjenigen, welche die Phänomene der Schwere von der Anziehung der Erde ableiteten (denn vorher nahm man, nach Cartesius Hypothese, als Ursache derselben die wirbelnde Bewegung einer eigenen, sehr feinen, im ganzen Weltraume verbreiteten Materie an), ein bedeutendes Uebergewicht. Dieses wurde aber noch entscheidender, als man durch Beobachtungen und eigens angestellte Versuche fand, daß selbst einzelne, etwas bedeutende Theile der Erde, z. B. große Berge, dieselbe Anziehung ausüben. Die erste Beobachtung dieser Art machte Bouguer, welcher fand, daß sein Pendel am Chimborasso um 8 Secunden von der senkrechten Linie gegen den Berg zu abwich. D. Maskeline bekam den Auftrag, denselben Versuch an dem dazu sehr bequem gelegenen Berge Schehallien in Schottland zu wiederhohlen. An zwey dieß- und jenseits des Berges parallel, d. h. nach demselben Fixsterne gestellten Stangen oder Fernröhren ließ er Pendel herabhängen: das auf der einen Seite machte mit der Stange einen größern, das auf der andern Seite einen kleinern Winkel, als sie machten, wenn der Berg nicht dazwischen war (siehe Fig. 26 a und Fig. 26 b). Er fand die durch den Berg bewirkte Abweichung 5,8 Secunden.

56. Alle Pendel, derer wir uns bedienen, sind eigentlich zusammengesetzt, selbst diejenigen, welche aus einem Faden und aus einer Bleykugel bestehen, wie schon gesagt worden ist; allein gewöhnlich versteht man unter zusammengesetzten Pendeln runde oder eckige Stangen, meistens von Metall. Man kann ein solches Pendel als eine Zusammensetzung von mehreren einfachen Pendeln von verschiedener Länge betrachten, und daher mag es wohl auch seinen Nahmen haben. In jedem solchen zusammengesetzten Pendel gibt es Einen Punct, in welchem man sich die ganze Masse des Pendels so versammelt denken kann, daß das Pendel eben so schwingt, als wenn die

ganze Masse als ein schwerer Punct an einem Faden von derselben Länge herabhinge; dieser Punct, welcher der Mittelpunct der Schwingung heißt, ist bey gleichartigen cylindrischen oder prismatischen Pendeln meistens um zwey Drittheile der ganzen Stange vom Aufhängspuncte entfernt. Eine solche Stange, die als Pendel Secunden schwingen sollte, müßte also bey uns 4,08 P. F. = 4,192 W. F. lang seyn.

b. Anziehung in kleinsten Abständen.

57. Die Anziehung zwischen den Körpern in den kleinsten, ganz unmerklichen Abständen, wozu also wenigstens Berührung erfordert wird, heißt Verwandtschaft.

58. Die Körper, oder die Theile der Körper, welche durch die Verwandtschaft verbunden oder zusammengehalten werden, sind entweder homogen, gleichartig; oder heterogen, verschiedenartig. Homogene Theile sind solche, die sowohl unter sich als auch dem Ganzen, von dem sie herkommen, ähnlich sind; die sich also unter einander und vom Ganzen bloß durch Bestimmungen, die ihre Größe und Ausdehnung betreffen, unterscheiden, in den ihre Natur charakterisirenden Eigenschaften aber ganz übereinstimmen; die also auch durch ihre wechselseitige Verbindung nichts als ihre Masse verändern, d. h. vergrößern, können; weßwegen man sie auch Massentheile, Aggregations-Theile heißt. Wenn man z. B. die feinen Körner von granulirtem Bley zusammenschmelzt, so erhält man nur ein größeres Stück Bley. Wenn man ein Stück Kreide fein pulvert, so ist jedes feine Stäubchen, eines wie das andere, doch wieder Kreide. — Heterogene Theile sind von einander nicht bloß der Größe, sondern auch der Natur nach verschieden; die einen zeigen folglich Eigenschaften, welche die andern nicht haben; sie sind aber im Stande, durch eine sehr innige Verbindung in bestimmten Verhältnissen neue, dem Scheine nach ganz gleichartige Körper zu bilden, in welchem Falle man sie dann Bestandtheile heißt.

Umgekehrt bleibt in der Mathematik eine Kugel immer eine Kugel, sie mag noch so groß oder noch so klein, sie mag von Gold, von Stein, von Bein, von Holz oder ein Wassertropfen seyn. Im mathematischen Sinne sind eine Pyramide und eine Kugel von Bley verschiedenartige, eine Pyramide von Stein und eine Pyramide von Bley aber eben so wie eine Kugel von Bein und von Holz gleichartige oder ähnliche Körper.

59. Nachdem durch die Verwandtschaft entweder homogene oder heterogene Theile zusammen gehalten oder neu verbunden werden, heißt sie Verwandtschaft homogener oder Verwandtschaft heterogener Körper, kürzer homogene und heterogene Verwandtschaft. — Die homogene Verwandtschaft ist die Ursache, warum die gleichartigen Theile der Körper vereinigt bleiben und Massen von bemerkbarer Größe bilden. Sie heißt gewöhnlich Cohäsion, wenn sie in den kleinsten Theilen der ganzen Masse wirksam gedacht wird. Adhäsion wird sie genannt, wenn sie sich auf die Oberflächen schon etwas größerer Körper erstrecket. — Durch die heterogene Verwandtschaft werden die verschiedenartigen Theile eines Körpers zusammen gehalten, oder sie macht, daß verschiedenartige Körper sich mit einander zu einer größeren Masse vereinigen. Wenn die durch die Verwandtschaft verbundenen, verschiedenartigen Theile etwas größer sind, so erstreckt sich auch die heterogene Verwandtschaft bloß auf die Oberflächen, verändert die Theile nicht in ihrer Natur, sondern diese lassen sich nach der Verbindung in ihrer Verschiedenheit noch sehr wohl unterscheiden, wie z. B. der Feldspath, Quarz und Glimmer im Granite. In diesem Falle ist die heterogene Verwandtschaft bloß eine Art von Adhäsion, und die durch sie zusammengehaltenen Theile, die sich durch bloß mechanische Mittel: Schlagen, Schneiden, Feilen, Schlämmen, Filtriren, Pressen u. dgl. wieder trennen lassen, heißen Gemengtheile, der Körper selbst heißt ein Gemenge, die Art der Verbindung Mengung. Erstrecket sich aber die Verwandtschaft auf die kleinsten Theilchen heterogener Körper, verbinden sich diese wechselseitig so innig mit einander, daß kein Theil des einen Körpers angetroffen wird, der nicht zugleich etwas von dem andern, und zwar in demselben Verhältnisse wie das Ganze, enthielte; findet eine wahre, chemische Durchdringung (§. 10, 11) dieser verschiedenartigen Materien Statt; hören also dieselben auf, außer einander zu seyn, sondern nehmen sie sich wechselseitig in einander auf: so entsteht ein neuer Körper, in welchem wir durch unsere äußeren Sinne keine Verschiedenheit der Bestandtheile mehr wahrnehmen, und diese auch nicht durch mechanische Mittel, sondern nur durch die den Körpern inwohnenden Grundkräfte selbst, d. h. durch dieselben, nur in einer andern Richtung wirkenden chemischen Mittel trennen können. Es sind also neue Massentheilchen entstanden, welche dann durch die Cohäsion in die größere Masse eines scheinbar gleichartigen Körpers

vereinigt werden. In diesem Falle heißt die Verwandtschaft chemische Verwandtschaft; die so vereinigten heterogenen Theile heißen chemische Bestandtheile; die auf diese Weise entstandenen neuen Körper chemisch zusammengesetzte oder gemischte Körper; die Verbindung selbst heißt eine chemische Verbindung, Auflösung oder auch Mischung. Die Verbindung von Kupfer und Zink zu Messing, von Schwefel und Quecksilber zu Zinnober, von Oehl und Laugensalz zu Seife u. dergl. m. sind Beyspiele von chemischen Verbindungen oder Mischungen. — So wie die heterogene Verwandtschaft ungleichartige Körper zu einem gleichartig erscheinenden vereinigen kann; so ist sie auch in Gemeinschaft mit der homogenen Verwandtschaft im Stande, chemisch zusammengesetzte Körper wieder in ihre ungleichartigen Bestandtheile zu zerlegen. Sind die durch Zerlegung eines mehrfach Zusammengesetzten erhaltenen Bestandtheile selbst noch zusammengesetzt, so heißen sie seine näheren Bestandtheile, im Gegensatze von seinen entfernteren, worunter man gewöhnlich Körper versteht, die man bisher noch durch kein Mittel in ungleichartige Bestandtheile trennen konnte, und die man daher auch chemisch einfache oder besser unzerlegte Körper, auch wohl der Kürze halber Elemente heißt. In den chemischen Lehrbüchern werden nebst den 4 Imponderabilien (Elektricitätsstoff ± E, Magnetstoff ± M, Lichtstoff und Wärmestoff), als solche, jetzt folgende 50 angeführt:

Sauerstoff, Oxygenium	O	=	1000
Chlor, Chlorum	Chl.	»	4426
Brom, Bromum	B	»	9783
Jod, Jodum	J	»	15783
Schwefel, Sulfur	S	»	20116
Stickstoff, Azotum	A	»	1773
Fluor, Fluorum	F	»	2338
Phosphor, Phosphorus	P	»	1962
Selen, Selenum	Se	»	4946
Arsen, Arsenium	As	»	4700
Molybdän	Mo	»	5985
Chrom	Chr	»	3518
Wolfram, oder Scheel	W	»	11832
Bor, Borum	B	»	2720
Kohlenst. Carbonium	C	»	764
Kies, Silicium	Si	=	2778
Antimon, Stibium	Sb	»	16130
Tellur	Te	»	4030
Tantal	Ta	»	11537
Titan	Ti	»	3037
Osmium	Os	»	12442
Wasserstoff, Hydrogenium	H	»	124,796
Gold, Aurum	Au	»	12430
Iridium	Ir	»	12333
Rhodium	R	»	13028
Platin, Platinum	Pl	»	12332
Palladium	Pa	»	13317
Quecksilber, Hydrargyrium	Hg	»	12658
Silber, Argentum	Ag	»	13516

Kupfer, Cuprum	Cu = 7914		Zink, Zincum	Zn = 4032	
Nickel, Niccolum	Ni » 7393		Mangan	Mn » 3558	
Kobalt, Cobaltum	Co » 3690		Alumium	Al » 1140	
Wismuth, Bismuthum	Bi » 8870		Yttrium	Y » 4018	
Zinn, Stannum	Sn » 7353		Berillum	Be » 2220	
Zirconum	Zr » 4202		Magnium	Mg » 1584	
Bley, Plumbum	Pb » 12945		Calcium	Ca » 2560	
Cerer, Cererium	Ce » 5747		Strontium	Sr » 5473	
Uran, Uranium	U » 27113		Barynm	Ba » 8569	
Eisen, Ferrum	Fe » 3392		Lithium	L » 1278	
Kadmium	Cd » 6968		Natrium	Na » 2909	
			Kalium	K » 4899	

Vielleicht sollte man zwey elektrische und zwey magnetische Stoffe annehmen, einen positiven und einen negativen. Vielleicht rühren aber auch die elektrischen und magnetischen, ja vielleicht auch die Licht- und Wärmeerscheinungen nur von Einem, oder auch von gar keinem, eigentlichen Stoffe her. Den obigen Nahmen der einfachen Stoffe sind die, nach Berzelius Vorschlage, zur kurzen Bezeichnung derselben angenommenen Anfangsbuchstaben ihrer lateinischen Benennungen, und die stöchiometrischen Zahlen, auf die man sich später beziehen wird, beygefügt.

60. Die Anziehung in kleinsten Abständen oder die Verwandtschaft ist eben so allgemein als die Schwere. Wir sehen, daß alle Körper (die hypothetischen Incoercibilien wieder ausgenommen) in größeren Massen vorkommen, daß also ihre kleinsten Theile durch die Cohäsion zusammen gehalten werden. Die heterogene Verwandtschaft ist ebenfalls sehr allgemein; denn wir kennen keinen Körper, der nicht zu irgend einem andern Verwandtschaft hätte; ob aber diese Allgemeinheit so weit gehe, daß jeder Körper zu jedem andern eine Verwandtschaft habe, ist nicht ausgemacht, doch sehr wahrscheinlich. — Nebst dieser Allgemeinheit hat die Verwandtschaft mit der Schwere noch andere Aehnlichkeiten. Sie nimmt wie diese mit der Masse zu und mit der Entfernung ab. Daß die Verwandtschaft mit der Entfernung abnimmt, ist augenscheinlich, weil sie nur in der Berührung wirksam ist, und zwar um so wirksamer, je näher man die zu verbindenden Körper durch künstliche Mittel, z. B. durch Druck u. dergl. bringt, und weil ihre Wirksamkeit ganz aufhört, wie die Entfernungen nur bemerkbar werden: sobald eine Stahlstange einmahl gebrochen worden ist, d. h. ihre Theile in bemerkbare Entfernung versetzt worden sind, hängen sie gar nicht mehr zusammen. Daß

die Anziehung mit der Masse zunimmt, ist bey der heterogenen Verwandtschaft eine den Chemisten schon lange bekannte Thatsache, welche aber erst von Berthollet zum Range eines Gesetzes erhoben worden ist. Eine kleine Menge Wassers wird von einer großen Menge Schwefelsäure fester gehalten, als eine große Menge Wassers von einer kleinen Menge Schwefelsäure gehalten wird. Bey der homogenen Verwandtschaft läßt sich dieses Gesetz nicht gut nachweisen, weil man die Masse nicht verändern kann, ohne zugleich eine Aenderung in den Entfernungen zu bewirken; betrachtet man aber nur immer die verbundenen oder die zu trennenden Oberflächen als wirksam, so ist dieses Gesetz auch hier ausgemacht; denn die Adhäsion wird offenbar vermehrt, wie die Oberflächen, welche hier eigentlich die Massen ausmachen, vergrößert werden.

61. Ungeachtet dieser bedeutenden Aehnlichkeit, charakterisiren sich Schwere und Verwandtschaft doch auch durch sehr wichtige Verschiedenheiten in ihrer Wirkungsweise. In gleichen Entfernungen ist die Schwere in allen Körpern dieselbe: nicht so die Verwandtschaft; denn wenn auch hier die Entfernungen, so viel wir bemerken können, ganz gleich sind, so ist doch die Verwandtschaft, d. h. die Stärke, mit welcher homogene oder heterogene Theile zur Verbindung streben, sehr verschieden, so zwar, daß man kaum zwey Körper findet, die entweder genau dieselbe Cohäsion oder welche denselben Grad von Verwandtschaft gegen einen dritten Körper haben. In demselben Körper ist die Verwandtschaft unter gleichen Umständen stets dieselbe, wodurch sie sich wieder von der Anziehung durch gewöhnliche Reibungs-Elektricität und durch Magnetismus unterscheidet. Der verschiedene Grad von Intensität in und zwischen verschiedenen Körpern, und die Beständigkeit desselben Grades zu allen Zeiten unter den nähmlichen Umständen in denselben Körpern, macht das charakteristische Kennzeichen der Verwandtschaft aus. Nur durch diese Eigenschaft der Verwandtschaft sind die verschiedenen Veränderungen möglich, welche wir die Körper durch ihr wechselseitiges Einwirken hervorbringen sehen.

Später wird die Identität der chem. Verwandtschaft mit der durch bloße Berührung heterogener Körper erregten oder galvanischen Elektricität sehr wahrscheinlich gemacht werden.

1. Von der Cohäsion oder homogenen Verwandtschaft.

62. Unter Cohäsion verstehen wir den Grad der Stärke, womit die Massentheile eines Körpers zusammenhängen. Ihre Wirkung wird durch Reißen, Brechen, Schneiden, Feilen, Pulvern mechanisch aufgehoben, durch Wärme chemisch. Die Cohäsion wird durch die Kraft gemessen, die erforderlich ist, den Zusammenhang der Theile eines Körpers zu unterbrechen. Von der Cohäsion, deren Ursache man Cohäsionskraft oder Cohärenz heißt, hängt also der Grad der Festigkeit der Körper ab. Dieser und folglich auch der Grad der Cohäsion, ist in verschiedenen Körpern sehr ungleich: man findet kaum zwey Körper, derer Theile genau mit derselben Kraft zusammenhalten.

Welche ungeheure Kraft wird erfordert, eine eiserne Stange zu zerreißen? Wie viel leichter zerreißt dagegen eine ähnliche Stange von Bley? Und wie verschwindet selbst dagegen der Widerstand, den die Luft einer zertheilenden Gewalt entgegen setzt? Eine Stange aus Holz, aus Stahl u. dergl. läßt sich weit leichter brechen als zerreißen. Die Kraft, mit welcher ein Körper dem Zerreißen widersteht, die sich bey völliger Gleichartigkeit wie die zu trennenden Flächen verhält, und durch die Gewichte gemessen wird, durch welche verschiedenartige Körper von gleichen Dimensionen, also von gleicher Länge und Dicke zerrissen werden, heißt man seine absolute Festigkeit, auch (vorzüglich bey Metallen) Zähigkeit (tenacitas). Nach dem Grade der Kraft, die zum Brechen eines Körpers erfordert wird, läßt sich seine relative Festigkeit, und nach der zu dessen Zerdrücken erforderlichen Gewalt seine rückwirkende Festigkeit schätzen. Bey Stricken, Leinwand, Zeugen u. dergl. kommt es auf die absolute; bey Bauholze, Wagenachsen u. dergl. auf die relative; bey Bau- und Pflastersteinen, bey Hämmern und Ambosen u. dergl. m. auf die rückwirkende Festigkeit an. Wenn ein Körper sich vor dem Zerbrechen krümmt, heißt er biegsam. — Ueber die absolute Festigkeit vieler Körper hat Musschenbroeck, über jene der Metalle Graf Sickingen (Versuche über die Platina) und Guyton Morveau (Gilb. Annal. 31), und über jene verschiedener Metallgemische Achard (*sur les propriétés des Alliages metall.* Berlin 1788) Versuche angestellt. Nach Musschenbroeck's Versuchen rissen folgende Körper durch beystehende Gewichte der Länge nach angespannt:

Ein einfacher Faden Coconseide von . . .	1 Quentchen.
Ein Pferdehaar	5 bis 8 Loth.
Ein Riemen von Pferdeleder 1 ½″ breit u 4‴ dick	380 Pfund.
Ein Schiffstau einen Daumen dick	3000 Pfund.

Die besten Ankertaue sind 4 bis 5 Zoll dick, und bestehen aus mehreren tausend zusammengedrehten einzelnen Schnüren, wovon jede 160 Pfund tragen kann, woraus sich die Stärke des ganzen Taues berechnen läßt. Stricke sind überhaupt desto fester, je dünner die Fäden sind, aus denen sie bestehen, und je weniger diese zusammengedreht sind (durch das Drehen soll das Seil höchstens um 1/8 verkürzt werden); daher sind geflochtene Schnüre fester als gedrehte. Getheerte Seile sind weniger stark als ungetheerte. Seidene Fäden sind drey Mahl so stark als leinene von derselben Dicke. Als Beyspiele von besonders cohärenten (rückwirkend festen) Substanzen werden die Räder oder Kugeln angeführt, welche dem großen 4 Millionen Pfund schweren Granitblocke (§. 37) während seines Transportes zur Unterlage dienten, dann die Kugeln, womit die Rhinocerosse geschossen werden, wie auch die Haut dieser Thiere selbst. — Die Metalle folgen in dieser Hinsicht so auf einander: Eisen, Kupfer, Platin, Silber, Gold, Zink, Nickel, Zinn, Bley; die Metalllegirungen befolgen ganz andere Gesetze. Hölzer: Akazie, Buche, Erle, Rüster, Weide, Esche, Pflaumbaum, Fichte, Wallnuß, Tanne, Pappel. Knochen: Elfenbein, Knochen, Horn, Fischbein, Wallroßzahn. — Ueber die respective Festigkeit verschiedener Holzarten wurden von Parent, Musschenbroeck (Introd. ad cohaerentiam corp. firm. in Diss. phys. exp. Lugd. Bat. 1729), Belidor, Buffon, Prof. Schmidt in Gießen, Girard und Eitelwein Versuche angestellt, und von dem Letzteren seine eigenen und fremde Erfahrungen in sehr schätzbaren Tabellen zusammengetragen. Ueber die Cohäsion verschiedener Metalle und Hölzer: Dingler's J. 24, 26. Die relative Festigkeit zweyer senkrechter Parallelepipeden von einerley Materie nimmt zu, wie ihre Breite und wie das Quadrat ihrer Dicke. Runde Körper verlieren daher durch Aushöhlen nur wenig von ihrer relativen Festigkeit, welches für manche Anwendungen von großer Wichtigkeit ist; daher die im Verhältnisse zu ihrer Masse große relative Festigkeit der Grashalme, des Rohres, der Federn und Knochen der Thiere u. dergl.

Aggregat-Zustand der Körper.

63. Theils von der Stärke, theils von besonderen Modificationen der Cohärenz hängt auch der Aggregat-Zustand, oder die Form ab, in welcher die Körper vorkommen. Wir unterscheiden vorzüglich den starren, soliden oder festen, und den flüssigen Zustand. Die flüssigen Körper zerfallen wieder in sperrbare, die sich in Gefäße einschließen und darin behandeln lassen, und in nicht sperrbare (Incoercibilien, Imponderabilien oder auch ätherische Stoffe), die dieser Behandlung nicht fähig sind, auch

sonst keine merkliche Gegenwirkung, ja nicht einmahl ein Gewicht zeigen. Die sperrbaren, flüssigen Körper sind entweder tropfbar- oder elastisch-flüssig.

Starre Körper.

64. Starr oder fest heißt ein Körper, dessen Massentheile so zusammenhängen, daß sie entweder gar nicht oder doch nur mit einer bedeutenden Gewalt unter einander verschoben, d. h. zur Veränderung ihrer wechselseitigen Lage bestimmt werden können. Die Ursache davon scheint zu seyn, weil die Massentheile solcher Körper nicht im Stande sind, ihre wechselseitige Lage gegen einander zu ändern, ohne zugleich ihre Entfernungen zu verändern; denn nur dem Letzteren widersetzt sich eigentlich die Cohäsions-Kraft. Wenn bey starren Körpern der Zusammenhang einmahl unterbrochen ist, wird er durch das bloße Aneinanderbringen der getrennten Theile entweder gar nicht, oder nur äußerst unvollkommen wieder hergestellt. — Der Grad der Cohäsion der Körper im starren Aggregat-Zustande bestimmt ihre Festigkeit (§. 62).

65. Die starren Körper besitzen ihre charakteristische Eigenschaft, die Schwerverschiebbarkeit der Theile, nicht im gleichen Grade, sondern gehen durch allmähliche Abnahme derselben und durch eine kaum zu bestimmende Menge von Mittelzuständen in die tropfbaren über, so daß zwischen beyden nicht einmahl eine scharfe Gränzlinie gezogen werden kann, sondern die weichen Körper sich allmählich in die dickflüssigen verlieren. Die starren Körper, derer Theile sehr schwer verschiebbar sind, heißen hart. Härte ist von Festigkeit wohl zu unterscheiden: Festigkeit widersetzt sich der Trennung, d. h. Entfernung, Härte der Verschiebung der Theile, und wird durch den Widerstand gemessen, den er den Instrumenten, durch die man Eindrücke in ihm hervorzubringen suchet, wie z. B. beym Schneiden, Ritzen, Feilen u. dergl. entgegen setzet. Daher kann große Härte mit sehr geringer Festigkeit bestehen: solche Körper, in denen ein Riß sich weiter erstreckt, als die trennende Gewalt eingedrungen ist, heißen dann spröde, z. B. Glas; so wie jene Körper, die große Festigkeit mit geringer Härte verbinden, im engeren Sinne zähe heißen, z. B. frisches Birkenholz, Leder und dergleichen. — Läßt ein starrer Körper durch angebrachte Gewalt einige Verschiebung seiner Theile zu, ohne daß eine Trennung erfolgt, so heißt er

entweder weich oder elastisch. Ein weicher, d. h. ein weichender Körper, behält den durch die Verschiebung der Theile entstandenen Eindruck, oder die dadurch veränderte Form, selbst wenn die äußere Gewalt zu wirken aufgehört hat. So behält bey der gewöhnlichen Temperatur die Butter die Eindrücke, die man gemacht, und das Wachs die Form, die man ihm gegeben hat. Bey der Sommer-Temperatur der Atmosphäre mäßig weiche Substanzen, welche die ihnen durch äußere Eindrücke gegebene Gestalt in aller Schärfe behalten, wie z. B. Wachs, Thon u. n. e. a. nennet man bildsam oder plastisch. Lassen sich die Theile eines Körpers wohl verschieben, wird aber dazu eine sehr große Gewalt, werden z. B. Hammerschläge erfordert, so legt man ihm Dehnbarkeit bey: diese zerfällt bey den Metallen wieder in Hämmerbarkeit, Malleabilität, und in Ductilität, Streckbarkeit, d. h. die Fähigkeit sich zu Drahte ziehen zu lassen. — Elastische oder sich federnde oder federharte Körper lassen mittelst der Verschiebbarkeit ihrer Theile durch irgend eine äußere Gewalt, ohne Trennung des Zusammenhanges, eine Aenderung ihrer Figur und ihres Umfanges zu; beyde kehren aber wieder in den alten Zustand zurück, wenn die äußere Kraft zu wirken aufhört, und zwar entweder ganz bey vollkommen elastischen Körpern, oder zum Theil bey unvollkommen elastischen Körpern. Die Elasticität oder Federkraft ist entweder attractiv oder expansiv, je nachdem die verschobenen Theile durch Attraction oder durch Expansion die vorige Gestalt und Größe wieder herzustellen trachten: die erste hat z. B. beym Kautschuck, der auseinander gezogen worden, bey einem Trommelfelle, bey gespannten Darmsaiten u. dergl.; die letzte seltener bey starren Körpern, dafür desto häufiger bey Körpern in den folgenden zwey Zuständen Statt, daher auch von ihr einer den Nahmen führt. Die Elasticität läßt sehr viele Grade zu. Einige steife Körper sind an sich elastisch, z. B. Stäbe, Streifen oder Scheiben von Stahl, Glas, Holz u. dergl.; andere im gewöhnlichen Zustande weiche oder sehr biegsame Körper, wie z. B. Darmsaiten, feine Metalldrähte, Felle und Häute, können durch Spannung einen hohen Grad von Elasticität erlangen; und noch andere Körper endlich, wohin vorzüglich die Dampf- und Gasarten gehören, werden durch Druck elastisch, oder ihre Elasticität wird wenigstens im Verhältnisse mit dem Drucke vermehrt.

Von zwey harten Körpern ist derjenige der härtere, der den andern ritzt, ohne von ihm geritzt zu werden, und der härteste Körper derjenige, der alle übrigen ritzt, ohne selbst von irgend einem geritzt zu werden; also bis jetzt der Diamant. Es gibt keinen absolut harten Körper. Malleabilität, d. h. die Fähigkeit, sich unter dem Hammer oder unter Walzen nach allen beliebigen Richtungen ausdehnen zu lassen, und Ductilität stehen mit einander nicht immer im Verhältnisse: Eisen ist z. B. im Drahtzuge weit dehnbarer, als unter dem Blechhammer; Bley und Zinn lassen sich zu dünnen Blättchen schlagen oder walzen, aber nicht zu dünnen Drähten ziehen; Platin dagegen läßt sich zu den feinsten Drähten (von $1/_{18000}$ Zoll im Durchmesser) ziehen; wenn man es aber zu jenen des Goldes ähnlichen Blättchen schlagen will, wird es lange, bevor es die gehörige Dünne erreicht, löcherig wie Spinnengewebe. Gold, Silber und Kupfer zeigen sich in eben demselben Verhältnisse hämmerbar und streckbar. — Auch weiche, dehnbare, dem tropfbaren Zustande schon sehr nahe Körper: Schleim, Gallerte, Theer u. dergl., nennt man im gemeinen Leben zähe. — Das Geradewerden einer gebogenen Degenklinge, einer Uhrfeder, eines gebogenen Baumes oder Rohres geschieht durch die gleichzeitige Wirkung beyder Arten von Elasticität. Eine spiralförmig gewundene Feder scheint beyder Arten von Elasticität nur getrennt fähig zu seyn; denn bey ihrem Zusammendrücken und Ausdehnen geschieht nur dasselbe, als wenn man eine Degenklinge bald auf diese bald auf jene Seite biegt. Die meisten Körper sind elastisch, wenn wir diese Eigenschaft auch nicht ganz augenscheinlich an ihnen wahrnehmen; weil die meisten durch Erschütterung einen Klang von sich zu geben oder ihn wenigstens fortzupflanzen im Stande sind, welches sich ohne Elasticität nicht denken läßt. Elasticität scheint die einfachste Modification derjenigen Kräfte zu seyn, durch welche die Körper überhaupt ihren Raum erfüllen. In der Mechanik bedienet man sich häufig der Elasticität (§. 37*): so ist z. B. in unsern Taschenuhren die in dem Federhause eingeschlossene durch das Aufziehen gespannte Stahlfeder die bewegende Kraft, deren Wirkung durch die pendelartigen Schwingungen der mit der Unruhe verbundenen Spiralfeder regulirt wird (§. 54*). Auch die Einrichtung unserer Thür- und Flintenschlösser gründet sich auf Federkraft.

66. Die genannten Eigenschaften starrer Körper sind von äußeren Umständen, vorzüglich von der Temperatur, sehr abhängig. Viele starre Körper werden durch Wärme weich, ja ganz flüssig; spröde Körper weich und dehnbar; einige dehnbare aber, z. B. Bley nahe an seinem Schmelzpuncte, auch spröde. Am meisten ist die Elasticität von Nebenumständen abhängig. Glas, welches in dickeren Stäben oder Tafeln sehr spröde ist, zeigt sich sehr elastisch, wenn

es in dünne Fäden ausgezogen, oder zu äußerst dünnen Blättchen geblasen worden ist; dieses sehen wir z. B. an der Glastrompete (Schnickschnack). Das bekanntlich sehr weiche Gold, und viele andere Metalle, erhalten durch kaltes, zweckmäßiges Hämmern eine beträchtliche Härte und Elasticität, wie die goldenen Federmesserklingen beweisen. Der Stahl, das elastischste von allen Metallen, wird durch Glühen und schnelles Ablöschen äußerst hart und spröde wie Glas (überhaupt werden alle Körper durch Uebertreiben der Mittel um sie elastisch zu machen, spröde); durch Anlassen, d. h. Erhitzen bis zur blauen Farbe, verliert er an Härte, gewinnt aber an Elasticität; durch Anlassen bis zum Glühen und langsames Erkalten verliert er Härte und Elasticität. Etwas Aehnliches sehen wir am Glase, welches nach langsamem Erkalten bey weitem nicht so spröde, als nach schnellem Abkühlen ist. Wachs, welches bey mäßiger Temperatur weich ist, zeigt in der Kälte beträchtliche Elasticität.

Flüssige Körper.

67. Die sperrbaren flüssigen Körper besitzen entweder eine große Elasticität, und heißen dann elastisch-flüssig, auch luftförmig, oder sie sind so wenig elastisch, daß diese Eigenschaft ihnen lange ganz abgesprochen wurde, und werden dann tropfbar-flüssig genannt.

Tropfbar-flüssige Körper.

68. Bey tropfbaren Körpern können die Theile durch die geringste angebrachte Gewalt ihre wechselseitige Lage ändern; sie lassen sich also mit der größten Leichtigkeit verschieben, ohne daß der Zusammenhang aufgehoben wird. Sind auch die Theile eines tropfbaren Körpers getrennt worden, so ist die bloße Berührung derselben hinlänglich, daß sie wieder zusammenhängen wie vorher, welches wir das Zusammenfließen heißen. — Man stellet sich die Aggregats-Theile tropfbarer Körper als kugelrund, z. B. als mit Wärmestoff gefüllte Bläschen vor, weil nur Kugeln ihre wechselseitige Lage ändern können, ohne daß die geringste Verschiedenheit in den Entfernungen eintritt: eine Vorstellungsart, die durch die sphärische Gestalt der Tropfen bestätiget wird. Andere nehmen der dynamischen Ansicht mehr entsprechend an, innerhalb des flüssigen Körpers werde jeder Theil von allen Seiten gleich angezogen und abgestoßen,

welches so viel ist, als würde er gar nicht angezogen und abgestossen, und als bewegte er sich also so frey, wie im leeren Raume.

Die letzte Meinung findet in der Beobachtung eine Bestätigung, daß jede Flüssigkeit auf ihrer Oberfläche, wo die Anziehung nicht wie im Inneren von allen Seiten gleich seyn kann, eine Art von starrem Häutchen zeiget; daß in sehr dünne Schichten gebrachte tropfbare Körper, z. B. Seifenblasen, sich wie feste Substanzen gestalten und dergl. — Man kann nicht sagen, daß in tropfbaren Körpern die Cohäsions=Kraft durch die Expansiv=Kraft ganz überwältigt sey, und daß sie nur durch den Druck der Atmosphäre zusammen gehalten werden. Auch ist dieß gegen die Erfahrung: denn obgleich einige, schon bey jeder Temperatur der Atmosphäre verdünstende Flüssigkeiten, z. B. Wasser, Weingeist, Aether sich in verdünnter Luft unter der Glocke der Luftpumpe viel schneller verflüchtigen, ja selbst das Quecksilber in der Torricellischen Leere sich sublimiret: so gibt es dagegen andere Körper, die unter denselben Umständen keinen Gewichtsverlust erleiden, z. B. fette Oehle, Schwefelsäure. Auch verdampfen manche starre Körper, z. B. Campher, an der Atm. wie die meisten tropfbaren Substanzen. Die Theilchen eines Mehlhaufens hängen weniger zusammen, als die des Wassers, und doch ist jener starr und dieses flüssig. Wassertropfen fließen auch im luftleeren Raume zusammen; eine Metallplatte adhärirt an die Oberfläche einer Flüssigkeit gleich stark im luftleeren und im luftvollen Raume. Eine feine Nadel, feine Goldblättchen, oder Metallstaub vorsichtig auf eine ruhige Wasserfläche gebracht, schwimmen darauf u. dgl. m.

69. Damit ein Körper tropfbar genannt werde, müssen seine Massentheilchen nicht nur verschiebbar, sondern im höchsten Grade verschiebbar seyn: die geringste Gewalt, das eigene Gewicht dieser Körper muß dazu schon hinreichen; und sie müssen auf das Feinste zu zerfließen streben, wenn sie in ihrer freyen Bewegung, z. B. im Fallen, den geringsten Widerstand finden. Daher sind flüssige Körper formlos, weil die Schwere die ihnen gegebene Form jeden Augenblick wieder zerstört, und sie mit ebener Oberfläche zu zerfließen zwingt. Ein tropfbarer Körper kann also nur in Gefäßen gesammelt werden; er muß augenblicklich die Form des Gefäßes annehmen, und seine Oberfläche muß immer horizontal seyn: darauf beruht zum Theil die Einrichtung der Wasser= oder Nivellir=Wagen. Auch folgt aus dem Charakter der Flüssigkeit, daß flüssige Substanzen sich durch andere Körper sehr leicht aus ihrem Raume treiben lassen, ihnen ausweichen, daß sie aber nach der Entfernung

des fremden Körpers ihre vorige Lage sogleich wieder annehmen, ohne daß man dieß als eine Folge ihrer Elasticität betrachten darf; denn tropfbare Körper sind unter allen am wenigsten elastisch, weil sie sich wegen ihrer Beweglichkeit jedem Drucke sehr leicht entziehen können. Werden dieser Beweglichkeit durch genau verschlossene Gefäße Gränzen gesetzt, und die tropfbaren Körper dann zusammengepreßt, so zeigen sie allerdings Elasticität, wie Prof. Herbert zuerst durch genaue Versuche am Wasser bewiesen hat; obgleich man es schon früher aus dem Abprellen schief auf eine Wasserfläche geworfener Steine, aus dem Rudern und aus mehreren andern Erscheinungen geschlossen hatte.

Gehört nebst dem eigenen Gewichte noch eine andere äußere Kraft dazu, das Verschieben zu bewirken, so heißen die Körper nicht mehr flüssig, sondern weich, zäh: so nennen wir Wasser, Weingeist, Schwefelsäure u. a. m. tropfbar; dem Honige gestehen wir diese Eigenschaft nicht mehr zu. Es gibt überhaupt sehr viele Grade von Tropfbarflüssigkeit, und eben so wenig als es einen absolut starren Körper gibt, findet man einen absolut tropfbarflüssigen. Um den Grad der Flüssigkeit verschiedener tropfbarer Substanzen zu bestimmen, läßt man sie aus einem eigens dazu eingerichteten Gefäße mit einer sehr engen Oeffnung austropfen: der Grad der Flüssigkeit verhält sich umgekehrt wie das Product aus den Zeiten in das specifische Gewicht. So hat man gefunden, daß, wenn der Flüssigkeitsgrad des Wassers gleich 1000 gesetzt wird, der des Olivenöhls nur = 45, des Weingeistes hingegen = 1098 ist. Weil das Wasser nach Herbert's Versuchen etwas zusammendrückbar ist, so müssen die untersten Schichten eines sehr tiefen Wassers, z. B. im Meere, etwas dichter als die oberen seyn. Dieß hat Perkins durch seine neuesten Versuche bestätigt gefunden, als er nähmlich eine metallene, ganz mit Wasser gefüllte und mit einem luft- und wasserdicht anschließenden, aber verschiebbaren Stempel versehene Büchse (sein Piezometer oder Piesimeter, Druckmesser) 500 Klaftern tief ins Meer senkte, wurde der Stempel um 8 Zoll in die Büchse gedrückt, wie nach dem Herausziehen derselben an einem eigenen Zeichen ersichtlich war. Der nähmliche Erfolg fand Statt, als er dieselbe Vorrichtung in einen mit Wasser gefüllten und ganz verschlossenen Kanonenlauf brachte, und mittelst einer Druckpumpe in den letzteren so viel Wasser preßte, daß dieses eben so sehr als wie in einer Tiefe von 500 Klaftern gedrückt war. Bey einem Drucke von 2000 Atmosphären verkürzte sich in Perkin's Piesimeter eine 8 Zoll lange Wassersäule um $^2/_3$ Zoll, also um $^1/_{12}$ ihrer Länge. Die einfachste, sinnreichste und zweckmäßigste Vorrichtung, um die Zusammendrück-

barkeit des Wassers und den Grad derselben zu beweisen, haben in den neuesten Zeiten Oerstedt und Pfaff angegeben (Gilb. A 72, 161). Nach den Versuchen der Letzteren, welche mit den Perkins'schen nicht übereinstimmen, bey einem nur bis zu jenem von 70 Atm. getriebenen Drucke, steht die Zusammendrückung jeder Flüssigkeit im geraden einfachen Verhältnisse mit den zusammendrückenden Gewichten: die Zusammendrückung des Wassers beträgt für Eine Atm. 0,000045 seines Volumens, die des Quecksilbers nur 0,0000001, die des Schwefeläthers ist 3 Mahl so groß wie die des Alkohols, 2 Mahl so groß als die des Kohlensulfurid's, 1 1/3 Mahl so groß wie die des Wassers. Durch aufgelöste Salze, Alkalien und Säuren wird die Zusammendrückbarkeit des Wassers vermindert. Das Glas ist noch viel weniger zusammendrückbar als das Quecksilber (Gilb. A. 85, 604; Colladon und Sturm in *Annal. de chim. et phys.* 36, 113 u. 225.). — Um den schwerfälligen Ausdruck »tropfbar-flüssiger Körper« zu vermeiden, wollen wir künftig häufig statt desselben den Nahmen des Repräsentanten der tropfbar-flüssigen Substanzen, des „Wassers“ brauchen. — Die Wasserwage oder Nivellirwage (Fig. 27) bestehet aus einer beyläufig 1/2 Zoll weiten und 5 bis 6 Zoll langen, nur wenig gebogenen, calibrirten, an den beyden Enden geschlossenen, in einer messingenen Fassung befindlichen Glasröhre AB, welche bis auf den sehr kleinen Theil x mit Wasser, Alkohol oder Quecksilber gefüllt und horizontal auf dem metallenen Lineale cd, der ihr als Fuß dienet, befestiget ist. Der Mittelpunct der Röhrenlänge, oder der höchste Punct der Convexität x ist bezeichnet. Wird dieses Instrument mit dem Fuße auf eine horizontale Fläche gestellt, so ist der Punct x der höchste, dort wird folglich auch das Bläschen (unter dieser Gestalt erscheint der leergebliebene Theil des Röhreninhalts) sich befinden; ist die Fläche, worauf das Instrument stehet, nicht horizontal, so wird sich dieses Bläschen nach dem höher liegenden Theile hinziehen. Die Empfindlichkeit des Instrumentes steht mit dem Krümmungshalbmesser der Glasröhre im geraden Verhältnisse.

70. Die genannten Eigenschaften tropfbarer Körper lassen sich insgesammt aus der ungehinderten Verschiebbarkeit ihrer Theile erklären. Vermög dieser suchen sie nähmlich einer einwirkenden Kraft nicht bloß nach Einer, dieser Einwirkung gerade entgegen gesetzten Richtung, sondern nach allen Richtungen auszuweichen, und sie wählen daher immer diejenige, wo sie den geringsten Widerstand finden. Man kann sich eine Flüssigkeit in einem cylindrischen Gefäße mit ebenem Boden, als aus flüssigen, sich berührenden senkrechten Säulen bestehend vorstellen. So lange diese Säulen gleich hoch sind,

haben sie auch ein gleiches Gewicht, und die untere Schichte einer solchen Säule kann dem Drucke der oberen nicht ausweichen, weil sie daran durch den gleichen Gegendruck der Nebensäulen gehindert wird. Verliert aber eine, oder verlieren einige dieser Säulen an Höhe, d. h. hört die Oberfläche auf horizontal zu seyn, so hält sie dem Drucke der höheren Seitensäulen nicht mehr das Gleichgewicht, und die oberen Theile der höheren Säulen sind von den Seiten nicht unterstützt: die niedrigern Säulen werden also durch das Zuströmen von oben so lange vergrößert, und, als die leichteren, durch das Heraufdrücken von unten so lange gehoben, bis nach einigen Schwankungen das Gleichgewicht und mit diesem die horizontale Oberfläche, welche Libelle, Wasserspiegel, Spiegel der Flüssigkeit heißt, wieder hergestellt ist.

Darauf beruhet das Wellenschlagen, welches viele Aehnlichkeit mit den Pendelschwingungen starrer Körper hat. Wenn z. B. durch den in einen ruhigen See geworfenen Stein, durch einen Windstoß und dergl. m. eine Wassersäule gedrückt wird, so drückt sie die Nebensäulen in die Höhe; so bald der Druck nachläßt, fallen diese wieder herab, und treiben die vorher niedergedrückte Säule in die Höhe: diese thut nun wieder ein Gleiches, bis nach einer großen Zahl von Schwankungen die Ruhe endlich wieder eintritt. Der empor gehobene Theil einer Wasserfläche heißt eine Welle, und den Abstand der tiefsten Stellen zu ihren beyden Seiten oder den Abstand der Spitzen zweyer Wellen heißt man die Breite der Welle; den senkrechten Abstand von einem Puncte an der tiefsten Stelle bis zur Spitze, die Höhe der Welle. Nach H. R. v. Gerstner ist die Wellenlinie eine Cycloide; die Zeit einer Welle (d. h. die Zeit, in welcher eine Welle scheinbar ihre Breite durchläuft) hängt bloß von ihrer Breite ab, und die Wellen schwingen gleichzeitig mit einem Pendel, dessen Länge 157 Mahl geringer als die Breite der Welle ist. — Das Wellen stillende Vermögen des Oehles bey Stürmen leitet man von der durch die feine Oehldecke verminderten Reibung zwischen Luft und Wasser her. Die Wellenbewegung soll sich nach der Versicherung von Tauchern, die man durch Versuche in der Taucherglocke bestätigt gefunden hat, nur wenige Klaftern unter die Oberfläche des Wassers erstrecken.

71. Wenn in ein Gefäß mehrere tropfbare sich nicht mischende Flüssigkeiten von verschiedenem spec. Gewichte gebracht werden, so ordnen sie sich im Verhältnisse ihres spec. Gewichtes in horizontalen Schichten über einander. Schüttelt man sie, so vermengen sie sich, indem die Theile der spec. schwereren zwischen die spec. leichteren ein-

bringen, um so feiner, je länger man schüttelt; sondern sich aber dann durch Ruhe wieder ab, aber um so langsamer, je geringer der Unterschied im spec. Gewichte, und je unvollkommener der flüssige Zustand ist.

Unsere Emulsionen, z. B. die Mandelmilch, manche sehr gesättigte aromatische Wässer u. dgl. sind solche mechanische Vermengungen von Oehl mit schleimigem Wasser. Wenn man in ein und dasselbe Gefäß Quecksilber, Weinsteinöhl, Alkohol und Steinöhl gießt, so werden diese während des Schüttelns Eine trübe Flüssigkeit (das Chaos) darstellen; nach kurzer Ruhe aber wird eine horizontale Schichte von Quecksilber den untersten, eine von Weinsteinöhl den mittleren Platz einnehmen, auf welcher dann der Alkohol und das Steinöhl ebenfalls mit horizontaler Oberfläche schwimmen werden: die so genannte Elementarwelt.

72. Die Oberfläche einer flüssigen Masse muß auch noch horizontal bleiben, wenn in dieselbe eine an beyden Enden offene, etwas weitere Röhre gesteckt wird: die Oberfläche der Flüssigkeit außer der Röhre und in derselben muß genau gleich hoch seyn, oder die Flüssigkeit kann in der Röhre weder unter noch über der Libelle stehen. Dieser Fall ist nun mit jenem ganz gleich, wenn sich eine gleichartige Flüssigkeit, z. B. Wasser, in mehreren, mit einander Gemeinschaft habenden, oder communicirenden Röhren befindet: die Flüssigkeit muß in der einen Röhre so hoch als in der andern stehen, die Röhren mögen gleich weit, oder von sehr verschiedenem Durchmesser und von der unähnlichsten Gestalt seyn, wie z. B. in Fig. 28. Sind die in Röhren communicirenden Flüssigkeiten nicht von gleicher Art, und vorzüglich im spec. Gewichte verschieden, so wird die leichtere Flüssigkeit in dem einen Schenkel höher stehen, als die schwerere in dem andern: die Höhe der Flüssigkeit in beyden Schenkeln verhält sich umgekehrt wie das spec. Gewicht der Flüssigkeiten. So wird z. B. Oehl in dem einen Schenkel 100 Linien hoch stehen müssen, um einer 92 Linien hohen Wassersäule im andern Schenkel das Gleichgewicht zu halten; dagegen wird eine 100 Linien hohe Wassersäule von einer nur 7,2 Linien hohen Quecksilbersäule im Gleichgewichte erhalten werden, indem das spec. Gewicht des Wassers sich zu jenem des Olivenöhles wie 100 : 92, zu jenem des Quecksilbers aber wie 100 zu 1386 verhält.

Dieß ist die Ursache, warum das Wasser einer in das sandige Ufer eines Flußes gegrabenen Vertiefung, z. B. in einem Brunnen, eben so

hoch steht, als in dem Fluße selbst; warum das in Röhren von einer Anhöhe herabgeleitete Wasser eben so hoch hinauf geleitet werden kann, als es herab geleitet worden ist. Mit mehreren metallenen oder überhaupt undurchsichtigen chemischen Gefäßen, z. B. mit kupfernen Gasbehältern oder Gasometern, setzt man von Außen gläserne Röhren in Gemeinschaft, um sich von dem Stande der Flüssigkeit im Gefäße leichter überzeugen zu können (§. 77*).

73. Ist von zwey communicirenden Röhren, die eine AB (Fig. 29 b) sehr lang, die andere CD kurz und mit einem Deckel geschlossen; wird durch die längere Röhre Wasser eingefüllt, bis dieses nicht allein die kürzere geschlossene Röhre ganz angefüllt hat, sondern in der längeren Röhre viel höher als in der kürzeren, z. B. bis c, stehet: so erleidet der Deckel einen Druck, der dem Gewichte einer Wassersäule gleich ist, die den Deckel zur Grundfläche, und die Differenz des Wasserstandes in beyden Schenkeln, also cd zur Höhe hat: denn reichte der Schenkel CD bis nach E, so würde die Wassersäule cd jener von DE das Gleichgewicht halten; folglich muß sie nun einen dem Gewichte jener Wassersäule gleichen Druck auf den Deckel ausüben.

Aus dem Gesagten erhellet, daß es hierbey gar nicht auf die Weite, sondern nur auf die Höhe der längeren Röhre ankommt, und daß man auf diese Weise mit sehr wenig Wasser in einer sehr langen engen Röhre große Wirkungen hervorbringen kann. Gesetzt, der Deckel am kurzen Schenkel habe Einen Quadrat-Fuß Fläche, und der Querschnitt des engen langen Rohres betrage nur 1/2 Quadrat-Zoll = 36 Quadratlinien, das Wasser stehe aber in dem letzteren 6 Fuß über dem Deckel des weiteren Schenkels: so wird der Deckel einen Druck von 6 Kubik-Fuß Wasser = 10829 Loth = 338,4 Wiener Pfund auszuhalten haben, und dieser Druck wird mit 18 Kubik-Zoll = 19 Loth Wasser in dem längeren Schenkel hervorgebracht worden seyn. Ist der Deckel verschiebbar, so wird man ein auf demselben liegendes Gewicht von mehr als 338 Pf. mit 19 Loth (also mit einem 570 Mahl kleineren Gewichte) in die lange enge Röhre gegossenen Wassers heben können. Allein auch hier findet sich der oben §. 23 ausgesprochene Satz, daß eben so viel an Geschwindigkeit verloren geht, als an Kraft gewonnen wird, wieder bestätiget; denn damit die auf dem Deckel liegenden 338 Pf. um 1 Zoll steigen, wird das in den längeren Schenkel gegossene Wasser einen Weg von 576 Zoll zurücklegen müssen Wolf's anatomischer Heber; Gravesand's hydrostatischer Balg. Ist der Deckel durchbohrt, so wird das Wasser in die Höhe spritzen, worauf sich die Einrichtung der natürlichen und künstlichen Springbrunnen gründet. Diese Höhe sollte eigentlich gleich seyn der Druckhöhe cd in der längeren commu-

nicirenden Röhre; sie wird aber durch den Widerstand der Luft, durch die Reibung des Wassers an den Wänden der Gefäße, durch den Druck des zurückfallenden Wassers bedeutend vermindert. Man hat Tabellen über die Höhe des Wasserstrahls bey verschiedenen Druckhöhen. Bey einer Druckhöhe von 72 Fuß wird die Sprunghöhe des Wasserstrahls nur 60 Fuß betragen. Die merkwürdigsten natürlichen Springbrunnen sind der Geyser und Strock auf Island, wovon der erste einen unten 8 Fuß im Durchmesser dicken Strahl von siedend heißem, viel Kieselerde enthaltenden Wassers 210 W. Fuß hoch hebt, und doch von dem Strock bey seinen selteneren Ausbrüchen noch an Höhe und Mächtigkeit übertroffen werden soll. So erklärt man auch das Steigen des erbohrten Wassers in den sogenannten artesischen Brunnen oder Springquellen. Dutrochet (*Annal. de chim. et phys.* 35, 393) führt die Erscheinungen, welche er mit dem Nahmen Endosmose und Exosmose bezeichnet, und welche früher schon von Fischer beobachtet worden sind, als nur durch Elektricität zu erklärende Ausnahmen von diesem Gesetze an.

74. Wegen der leichten Verschiebbarkeit der Theile einer flüssigen Masse verwandelt sich ein nach einer gewissen Richtung auf dieselbe wirkender Druck in einen Druck nach allen Richtungen. Wenn daher eine kupferne Kugel, welche eine enge Ansatzröhre hat, mit Wasser gefüllt, und dieses mittelst eines Stempels in der Ansatzröhre zusammen gepreßt wird: so verbreitet sich dieser Druck durch das Wasser nach allen Seiten dergestalt, daß jeder Theil der Wände des Gefäßes, dessen Fläche dem Querschnitte der Ansatzröhre gleich ist, den ganzen Druck des Stempels empfindet, und daß folglich das ganze Gefäß einen um so viel Mahl stärkeren Druck auszuhalten hat, als die innere Oberfläche desselben den Querschnitt der Ansatzröhre an Flächenraume übertrifft. Beträgt z. B. die innere Oberfläche der Kugel 100 Quadrat-Zoll, der Querschnitt der Ansatzröhre nur Einen Quadrat-Zoll, und wird der Stempel mit einer Kraft von 25 Pf. gedrückt, so leidet das ganze Gefäß einen Druck von $25 \times 100 = 2500$ Pfund.

Einen Beweis von der gleichförmigen Verbreitung eines Druckes durch Wasser, liefert der Versuch, daß man eine Rindsblase, die mit Wasser gefüllt ist, und in welcher sich ein Ey, eine Wachsfigur, oder sonst etwas sehr Zerbrechliches befindet, kneten, drücken, und mit bedeutenden Gewichten beschweren kann, ohne daß etwas von den genannten Gegenständen zerbricht. Auf diese Weise hat die Natur die Leibesfrüchte der Mütter durch das Kindswasser (liquor amnii) vor äußeren Gewaltthätigkeiten gesichert. Daher vermögen Taucher unter Wasser zu bestehen, ungeachtet sie (die Oberfläche des menschlichen Körpers zu 14

Quadrat-Fuß angenommen) bereits in einer Tiefe von 30 Fuß einen Druck von 23730 Pfund auszuhalten haben. — Auf der Vervielfältigung des Druckes durch Wasser, welches von allen Seiten eingeschlossen ist, im Verhältnisse der Oberfläche des einschließenden Gefäßes beruht auch die Einrichtung der von Bramah erfundenen, in den Fabriken immer allgemeiner in Anwendung kommenden Wasserpresse. Die Fig. 30 a zeigt den senkrechten Durchschnitt, und die Fig. 30 b die Seitenansicht einer im Laboratorium der allg. technischen Chemie im Gebrauche stehenden Bramah'schen Wasserpresse. Gleiche Buchstaben bezeichnen in beyden Abbildungen dasselbe. ABCD ist das Gestell, dessen Platten aus Gußeisen, dessen Säulen aus Stabeisen bestehen. E ist ein cylindrisches Gefäß aus starkem Stückgut (Bronze, weil Gußeisen, selbst wenn es 4 Zoll dick ist, das gepreßte Wasser durchschwitzen läßt), in welchem der massive Cylinder (Druckklotz) F aus demselben Metalle so auf- und abgeht, daß er oben bey n durch eine eigene Liederung wasser- und luftdicht schließt, und zugleich mittelst einer dort angebrachten Oehlbüchse beständig geschmieret wird. Dieser solide Cylinder trägt die eiserne Tafel G. In dem Wasserbehälter aus Messingblech HIKL steht eine kleine Druckpumpe, wovon a a der Stiefel, b der Kolben und c das Saug-Ventil ist, welches sich durch einen Druck von Außen nach Innen öffnet, und dem Wasser aus dem Behälter den Eintritt in den Stiefel unter dem Kolben gestattet, durch einen Druck von Innen nach Außen sich aber schließt, und den Rücktritt des Wassers aus dem Stiefel in den Behälter verhindert. d ist ein ähnliches Ventil, welches sich durch einen Druck nach Abwärts öffnet, und dem durch den herabgedrückten Kolben gepreßten Wasser den Uebertritt in den weiten Cylinder E durch die Verbindungsröhre e gestattet, beym Heben des Kolbens aber ihm den Rückweg versperrt. f stellt die Kolbenstange vor, welche durch den Hebel MN in Bewegung gesetzt, und während des Pumpens durch die Vorrichtung O stets in senkrechter Lage erhalten wird. Wenn der Hebel bey M auf- und abwärts bewegt wird, so wird das Wasser aus dem Behälter mittelst der Druckpumpe in den weiten Cylinder E hinüber gepreßt, und muß hier den massiven Druckklotz F in die Höhe drücken. Dadurch steigt die Platte G immer näher gegen die obere Platte des Gestelles, und presset die dazwischen gelegten Gegenstände. Will man das Pressen beendigen, so öffnet man durch Drehung des kleinen Hebels g die Communication zwischen der Röhre e und h, durch welche das Wasser dann aus dem großen Cylinder wieder in den Wasserbehälter tritt, indem zugleich der Druckklotz sammt der Tafel durch ihr eigenes Gewicht herabsinken. Der Stiefel a a hat 6 Linien, der Druckcylinder E 24 L. im Durchmesser. Ein Stempel von 6 Linien im Durchmesser drückt eine Wasserfläche von 28,27 Quadrat-Linien; der 24 Linien im Durchmesser haltende Druckcylinder aber biethet dem ihn

aufwärts drückenden Wasser eine 16 Mahl größere Grundfläche (von 452,32 Quadrat-Linien) dar, folglich hält 1 Pfund auf die Kolbenstange f gelegt, 16 Pfunden auf der Tafel G das Gleichgewicht, oder der durch den Pumpenkolben hervorgebrachte Druck wird dadurch auf das Sechzehnfache vermehrt. Der Hebel MN ist 16 Zoll lang: der Abstand PN beträgt nur 2 1/2 Zoll, folglich wird durch die Hebelwirkung der in M angebrachte Druck 6,4 Mahl vervielfältigt, im Ganzen also auf das 102,4fache gesteigert, oder 1 Pfund Druck in M hält 102,4 Pfunden auf der Tafel G das Gleichgewicht. Ein Mensch kann in M mit seinem ganzen Gewichte drücken, also auf kurze Zeit leicht mit einem Drucke von wenigstens 50 Pfund arbeiten, oder 50 × 102,4 = 5120 auf der Tafel G liegende Pfunde heben, oder dort liegende Gegenstände mit dieser Gewalt an die obere Platte anpressen. Mit der beschriebenen Presse sind auch bereits wirklich 70 Zentner gehoben, und 1 1/2 Zoll dicke Stahlstangen in kurze Stücke zerbrochen worden. Vor den gewöhnlichen Schraubenpressen haben diese Wasserpressen den Vortheil der ohne Vergleich geringeren Reibung (§. 33).

75. Das von der gleichförmigen Verbreitung und dadurch möglichen Vervielfältigung eines Druckes durch Wasser Gesagte, gilt auch von dem Drucke, welchen die unteren Schichten des Wassers durch das Gewicht der oberen, oder die Gefäße durch das Gewicht der darin enthaltenen tropfbaren Flüssigkeiten erleiden, und dient als Erklärungsgrund für viele Erscheinungen. — Der Druck auf den horizontalen Boden hängt ganz und gar nicht von dem Gewichte des ganzen in dem Gefäße enthaltenen Wassers, sondern bloß von der Oberfläche des Bodens und von der Höhe des Wasserstandes in dem Gefäße ab: so daß in den drey Gefäßen Fig. 31, a, b und c, worin das Wasser gleich hoch stehet, und die einen gleich großen Boden haben, dieser denselben Druck erleidet, obschon die Wassermenge in diesen drey Gefäßen sehr verschieden ist. Daß in einem Gefäße mit horizontalem Boden und senkrechten Seitenwänden, z. B. in einem Cylinder (wie Fig. 31 a), der Boden das ganze Gewicht des enthaltenen Wassers zu tragen hat, ist einleuchtend: hat der Boden einen Quadrat-Fuß Fläche, und steht das Wasser bis cd einen Fuß hoch, so beträgt der Inhalt des Gefäßes Einen Kubik-Fuß, und der Boden muß das Gewicht Eines Kubik-Fußes Wasser, also beynahe 56,5 Pfund, tragen. — Erweitert sich das Gefäß nach oben (Fig. 31, b), hat der Boden z. B. wieder Einen Quadrat-Fuß, der Querschnitt an der vom Boden 1 Fuß entfernten Oberfläche des Wassers in cd aber 2 Quadrat-Fuß, so sind in dem Gefäße 1,5 Kubik-Fuß = 84,75

Pfund Wasser enthalten; allein der Boden hat nur den Druck von Einem Kubik-Fuß (= 56,5 Pf.) auszuhalten, weil er bloß die Säule **abyz** trägt, indem das übrige Wasser von den schiefen Seitenwänden getragen wird, und von diesem Drucke sich nichts auf den Boden fortpflanzt. — Verengt sich das Gefäß nach oben (Fig. 31, c), beträgt der Boden 1 Quadrat-Fuß, der Wasserspiegel bey cd nur ½ Quadrat-Fuß, die Höhe des Wassers wieder 1 Fuß, so sind in dem Gefäße nur ¾ Kubik-Fuß = 42,375 Pfund Wasser enthalten, der Boden wird aber doch mit den 56,5 Pfund Eines ganzen Kubik-Fußes Wasser gedrückt, weil die Fläche des Bodens multiplicirt mit der Höhe, Einen Kubik-Fuß gibt, und weil von dem senkrechten Drucke auf die Seitenwände sich der Theil xo auf den Boden fortpflanzt.

Den letzten Satz hat man das hydrostatische Paradox geheißen: er beruht auf denselben Gründen, wie der anatomische Heber, und kann auch ganz auf dieselbe Art bewiesen werden. Es ist leicht einzusehen, daß man diesem hydrostatischen Paradoxe zu Folge durch eine kleine Menge von einer großen Höhe wirkenden Wassers bedeutende Wirkungen hervorbringen kann. Wenn man in ein mit Wasser gefülltes Faß eine senkrechte, enge, aber dafür einige Klafter lange Röhre kittet, und dieselbe dann mit Wasser füllet, so kann mit diesen wenigen Unzen Wasser das Faß gesprengt werden. Auf solche Art werden dicke Eisdecken gesprengt. Wenn tief in Bergen sich mit Wasser gefüllte Höhlen befinden, und diese mittelst enger Schluchten mit der Oberfläche des Gipfels in Verbindung stehen, welche sich mit Regenwasser ganz füllen können; so kann durch den großen Druck der Berg gesprengt, und ein Theil davon ins Thal geworfen werden: Bergsturz. Darauf beruhet die Einrichtung der Real'schen Wasser- oder Extractions-Presse, welche auch hydrostatische Filtrirpresse genannt wird. Sie bestehet aus einem meistens aus Zinn verfertigten, 1 Schuh hohen, 4 bis 6 Zoll weiten Cylinder abcd (Fig. 32), welcher einen doppelten Boden hat, wovon der obere eh siebartig durchlöchert ist. Auf diesem durchlöcherten Boden, den man allenfalls auch mit Filtrirpapier bedecken kann, wird die zu extrahirende, gröblich gepulverte oder verkleinerte, mäßig angefeuchtete Substanz festgedrückt, mit der siebartigen Platte f bedeckt; dann wird der Cylinder mit Wasser, Weingeist und dgl. gefüllt, der Deckel ab fest und luftdicht aufgeschraubt, die in den Deckel gekittete, mehrere Fuß hohe Röhre voll mit der in dem Cylinder befindlichen Flüssigkeit gegossen, und beständig bis g gefüllt erhalten. Die durchgedrückte, beynahe mit allen auflöslichen Theilen der zu extrahirenden Substanz geschwängerte Flüssigkeit sammelt sich in dem Zwischenraume beyder Böden, und kann dann durch den Hahn i abge-

lassen werden. Man erhält dadurch Aufgüsse, die man wegen ihrer großen Sättigung flüssige Extracte zu nennen pflegt, und die extrahirte Substanz bleibt fast geruch- und geschmacklos zurück. An dieser Presse sind von Rommershausen, Lüders u. m. A. verschiedene Verbesserungen angebracht worden, die beynahe sämmtlich darauf hinauskommen, daß man den Luftdruck zu Hülfe nimmt. (P. L. Geiger's Beschreib. d. Real'schen Auflösungspresse. Heidelberg 1817. Gilbert's Annalen, B. 60 und 63. Parrot in Gilb. A. 75, 423, und in Kastner's Archiv 7, 114. — Rommershausen in Gilb. A. 77, 291.)

76. Weil das Wasser nach allen Richtungen drückt, so wirkt es durch sein Gewicht nicht allein auf den Boden, sondern auch auf die senkrechten Seitenwände der Gefäße. Der Druck des Wassers auf jede Stelle der Seitenwände ist gleich dem Gewichte einer Wassersäule, welche die Fläche dieser Stelle zur Basis und die Entfernung ihres Mittelpunctes vom Wasserspiegel zur Höhe hat. Um den Druck auf alle senkrechten Seitenwände eines Gefäßes zu erhalten, multiplicire man ihren Flächeninhalt mit der halben Höhe der Flüssigkeit, und suche das absolute Gewicht der erhaltenen Kubik-Masse. Z. B. die mit Wasser bedeckten Wände eines Gefäßes betragen 10 Quadrat-Fuß, und das Wasser stehet darin 4 Fuß hoch: so erleiden die Wände einen Druck von $10 \times 2 = 20$ Kubik-Fuß $= 1130$ Pfund Wasser.

Bey 8 Fuß Wasserhöhe in dem eben genannten Gefäße müßten die vom Wasser bedeckten Wände 20 Quadrat-Fuß betragen, und der Druck gegen die Seitenwände wäre dann $20 \times 4 = 80$ Kubik-Fuß $= 4520$ Pf. Wasser. Man sieht, daß der Druck gegen die Seitenwände sich vermehrt, wie die Quadrate der Druckhöhen. Daraus kann man sich den großen Druck erklären, den Wasser oder Salzsoolen, welche über sehr unebene Landstrecken fortgeleitet werden, an den tieferen Stellen gegen die Wände der Leitungsröhren ausüben, wodurch diese häufig gesprengt werden. Daher war man genöthigt, im Gosazwange, einer sehr tiefen Schlucht am Hallstädter See, Brückenpfeiler zu bauen, und die Soolenleitungsröhren darüber zu führen. Daher der Druck des Wassers gegen Dämme, Schleusen u. dgl. Deßwegen werden Flaschen öfters auseinander gedrückt, und zwar um so leichter, je höher sie sind, und ein je größeres sp. Gewicht die enthaltene Flüssigkeit hat; daher muß Quecksilber in nicht zu großen aber sehr starken Flaschen aufbewahrt werden. Gefäße, die nicht sehr fest stehen, fallen auf die entgegengesetzte Seite um, wenn sie auf der einen Seite ein Loch bekommen, weil nähmlich an der unbeschädigten Seite der ganze Druck auf die Wand noch fortdauert, während an der durchbohrten ein Theil des-

selben (= dem Drucke auf jene Stelle, welche von dem Loche eingenommen wird) aufgehoben ist. Darauf gründet sich die Wirkungsart der Segner'schen Wassermaschine u. dgl. m.

77. Wegen des Druckes gegen den Boden und gegen die Seitenwände fließt Wasser durch Oeffnungen in jenem sowohl, als in diesen aus. Hat die kreisrunde Oeffnung scharfe oder wenigstens sehr dünne Ränder, so bildet das ausdringende Wasser anfangs einen zusammenhängenden Strahl, der sich in einer dem Durchmesser der Oeffnung gleichen Entfernung verengt (größte Zusammenziehung des Strahles, Newton's vena contracta, deren Durchmesser sich zu jenem der Oeffnung beynahe wie 5:8 verhält), dann wieder erweitert, später in mehrere kleine Strahlen, und endlich in Tropfen zertheilt. — Die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser herausdringt, hängt von der Druckhöhe, d. h. von der senkrechten Entfernung der Oeffnung vom Wasserspiegel im Ausflußgefäße ab, und ist der Endgeschwindigkeit gleich, welche das Wasser durch das Herabfallen vom Wasserspiegel bis zur Ausflußöffnung erhalten haben würde. Der Strahl von seitwärts ausströmendem Wasser bildet eine Parabel (§. 50).

Die gänzliche Entleerung eines Gefäßes erfordert bey gleicher Ausflußöffnung genau die doppelte Zeit, welche der Ausfluß derselben Wassermenge bey immer voll erhaltenem Gefäße erfordert hätte. Durch angesetzte cylindrische oder auch sich conisch erweiternde kurze Röhren kann der Ausfluß bedeutend, um 1/3, ja ums Doppelte vermehrt werden. Ganz anders als tropfb. Flüssigkeiten verhalten sich feine Pulver starrer Körper. Durch Waschen und Sieben möglichst gleichkörnig gemachter feiner Sand, so wie man ihn zu Sanduhren braucht, fließt durch eine Seitenöffnung nahe am Boden eines hohen cylindrischen Gefäßes mit gleicher Geschwindigkeit aus, er mag in dem Gefäße noch so hoch oder niedrig über der Oeffnung stehen, er mag gedrückt werden oder nicht. Das Quecksilber soll in dem andern Schenkel eines umgekehrten engen Hebers, oder in einem engen Heber-Barometer nicht im geringsten steigen, wenn auf die Quecksilberoberfläche in dem einen Schenkel eine auch Zoll hohe Sandsäule gebracht wird.

78. In horizontalen Leitungsröhren bewegt sich das Wasser, wegen der Adhäsion an die Wände, langsamer, als es seiner Druckhöhe zukommt, und zwar um so langsamer, je länger und enger die Röhren sind, je häufigere und schärfere Krümmungen sie machen: daher vermeidet man bey Wasserleitungen die letz-

teren, und gibt ihnen einen sanften Fall. — Dasselbe findet beym Abfließen von Wasser durch eine horizontale Rinne aus einem vollen Behälter Statt: seine Bewegung, die eine gleichförmige seyn sollte, wird durch die Adhäsion des Wassers an die Wände der Rinne verzögert; daher hebt sich das nachströmende, aufgehaltene Wasser gegen den Behälter zu immer höher. — In einer Rinne oder in einem Rinnsale, der ein Gefälle hat, also gegen den Horizont geneigt ist, sollte das Wasser, wie über eine schiefe Fläche mit beschleunigter und zwar, weil sich die Neigung der schiefen Fläche, wie bey unsern Flußbetten ändert, mit ungleichförmig beschleunigter Bewegung abfließen: allein die Geschwindigkeit wird immer viel kleiner gefunden, als sie vermöge des Gefälles seyn sollte, und die Bewegung ist statt einer beschleunigten, meistens nur eine gleichförmige, öfters sogar eine verzögerte, wovon die Ursache theils in der Adhäsion des Wassers an den Boden und an die Seitenwände des Flußbettes, theils in Krümmungen und Unebenheiten desselben, wo durch schiefen Stoß immer ein Theil der bewegenden Kraft verloren geht, theils in andern zufälligen Hindernissen, als Steinen, Schilf, Wind u. dgl. m. zu suchen ist. Aus demselben Grunde ist die Geschwindigkeit der Flüsse in einem geraden Rinnsale in der Mitte größer als an den Ufern, und selbst in der Mitte ganz an der Oberfläche, wegen der Reibung an der Luft, und am Boden, wegen der Adhäsion an diesem, minder groß als etwas unter der Oberfläche. Krümmt sich der Rinnsal, so ist die Geschwindigkeit längs des concaven Ufers am größten, weil die Richtung des Stromes dorthin geht; daher auch dort das Ufer am meisten leidet. Je ebener das Flußbett ist, je geradliniger und paralleler die Ufer sind, an je weniger feste Körper das Wasser stößt, desto schneller fließt es unter übrigens gleichen Bedingungen. Bey hohem Wasserstande fließt es schneller wegen der größeren Druckhöhe, und wegen des zur Wassermässe verhältnißmäßig kleineren Einflußes der Hindernisse.

In jeder Verengerung des Flußbettes muß sich die Geschwindigkeit im umgekehrten Verhältnisse mit dem Querschnitte vermehren: so wird z. B. der Lorenzostrom kurz vor seinem Falle bey Niagara durch Einengung zwischen Felsenwände so pfeilschnell, daß Wasservögel sich daraus mit aller Anstrengung nicht erheben können, weil ihre Füsse darin wie eingeklemmt seyn sollen. Erweiterungen geben zur Entstehung von Wirbeln Veranlassung, wodurch auch ein Theil der bewegenden Kraft verlischt. Vorrichtungen zur Bestimmung der Geschwindigkeit der Flüsse,

die man Hydrometer heißt, sind von Woltmann, Pitot und mehreren Andern angegeben worden.

79. Wenn starre Körper in tropfbare getaucht werden, sind drey Fälle wohl zu unterscheiden: der eingetauchte, starre Körper kann nähmlich mit der Flüssigkeit von gleichem specifischen Gewichte, er kann schwerer, oder er kann leichter seyn. — Wenn ein starrer Körper von gleichem sp. Gewichte in eine Flüssigkeit getaucht wird, so kann er in Hinsicht seines Gewichtes als ein gleicher Raum der Flüssigkeit, in welcher er sich befindet, betrachtet werden; er wird also in derselben so tief einsinken, daß seine oberste Fläche mit jener der Flüssigkeit ganz horizontal ist. Denn die unter ihm befindliche Säule des flüssigen trägt nun eben so viel, als wenn statt des starren Körpers eine gleich große Ausdehnung der Flüssigkeit selbst auf ihr ruhte, und so wie sich diese horizontal mit der übrigen Flüssigkeit stellt, so muß es also auch jener thun. Wenn man durch äußere Gewalt den starren Körper etwas tiefer unter die Oberfläche der Flüssigkeit drückt, so muß er (wenn sonst die ganze Flüssigkeit nicht bewegt wird) an jedem Orte ruhig stehen bleiben; da er nähmlich, der Voraussetzung gemäß, von gleichem sp. Gewichte ist, so gibt es keinen Grund, warum er gerade einen untern oder obern Platz einnehmen sollte. Wenn also ein Körper, statt wie gewöhnlich, in der Luft, in einer Flüssigkeit von gleichem sp. Gewichte gewogen wird, so zeigt er gar kein absolutes Gewicht, weil er nähmlich von dem flüssigen ganz getragen und unterstützt wird.

80. Ist der starre Körper specifisch schwerer als der flüssige, z. B. ein Stück Metall in Wasser, so fällt er aus demselben Grunde darin zu Boden, aus welchem Quecksilber in Wasser zu Boden fällt (§. 71*). Die Wassersäule nähmlich, auf die er gelegt wird, ist nun schwerer als die benachbarten, sie treibt diese also in die Höhe, welche ihrerseits von oben wieder auf den starren Körper herabfließen, um die horizontale Oberfläche herzustellen; dieß dauert so lange fort, bis der Ruhestörer den Boden des Gefäßes erreicht hat. So viel von dem absoluten Gewichte des starren Körpers, als eine gleiche Ausdehnung des flüssigen wiegt, wird aber von dem letzteren immer getragen; mit diesem wirkt der erstere nun nicht mehr auf die Wage: jeder Körper verliert also in einer Flüssigkeit von geringerem sp. Gewichte so viel von seinem absoluten Gewichte, als eine gleiche Ausdehnung der

Flüssigkeit wiegt. Wenn man daher weiß, wie viel ein starrer Körper in einem tropfbaren von seinem absoluten Gewichte verliert, so weiß man auch, wie viel eine Ausdehnung des flüssigen wiegt, die jener des eingetauchten starren gleich ist. — Kein Körper sinkt im Wasser mit einer Kraft unter, die seinem ganzen Gewichte gleich ist, sondern mit einer Kraft, die dem Ueberschuße seines Gewichts über jenes des Wassers unter derselben Ausdehnung gleich kommt, und welche man auch wohl sein respectives Gewicht heißt.

Daher kann es geschehen, daß ein Mensch Körper, wenn sie ins Wasser getaucht sind, zu tragen im Stande ist, die er in der Luft nicht tragen könnte; weil ihm nähmlich das Wasser tragen hilft. Ein Mensch ist z. B. nicht im Stande einen großen dicken Balken wegzutragen; bringt er ihn aber ins Wasser, so kann er sich noch vom Balken tragen lassen, ohne unterzugehen. Ein Pudel ist im Stande, einen ins Wasser gefallenen Menschen bis ans Ufer zu bringen, den er auf dem Lande gewiß nicht tragen oder fortschleppen könnte. — Weil jeder Körper im Wasser nur mit seinem respectiven Gewichte fällt, einem Körper aber, der an sp. Gewichte das Wasser nicht viel übertrifft, nur wenig respectives Gewicht übrig bleibt, um den Widerstand des Wassers zu überwinden; so wird ein solcher Körper nur langsam fallen, sich erst nach einiger Zeit zu Boden setzen, und dieß um so mehr, wenn das Wasser bewegt wird. Auch solche Substanzen, die um Vieles sp. schwerer als Wasser sind, setzen sich darin nur langsam ab, wenn sie sich in einem sehr fein vertheilten Zustande befinden, weil die äußerst kleine Masse der einzelnen Theile den Widerstand, den das Wasser vorzüglich durch seine unvollkommene Flüssigkeit entgegen setzet, nur langsam überwinden kann (§. 68 *): darauf beruhen die Methoden des Schlämmens, wodurch man entweder gepulverte Körper von verschiedenem sp. Gewichte absondert, indem die schwereren, z. B. Metalle, sich früher zu Boden setzen als die leichteren, z. B. Erden; oder wodurch man von einem chemisch gleichartigen Körper Pulver von verschiedenen Graden der Feinheit erhält: in der letzten Absicht wird z. B. der Schmirgel, die Smalte, der Thon, Sand u. dergl. m. geschlämmt. Das Siebsetzen, Waschen, zu Schlich ziehen gepochter Erze gehöret zum Theil hierher. Die Geognosie liefert viele Beyspiele solcher von der Natur im Großen ausgeführten Schlämm-Operationen, wodurch sich die verschiedenen Lager von Gerölle, Sand, Thon u. dgl. gebildet haben. — Daß ein starrer Körper, wenn er in eine spec. leichtere flüssige Substanz getaucht wird, so viel, als eine gleiche Ausdehnung der letzteren wiegt, von seinem absoluten Gewichte

einbüßet, läßt sich durch folgendes Experiment versinnlichen. — Ein cylindrisches, am äußeren Boden mit einem Häkchen versehenes Gefäß von Messing, worin ganz genau ein solider, messingener Cylinder passet (welches also das genaue Raummaß des letzteren ist), wird an das eine Ende eines Wagebalkens, und an sein Häkchen unten der solide Cylinder gehängt, dann durch Gewichte, die man in die am anderen Ende des Wagebalkens hängende Wagschale legt, die Wage ins Gleichgewicht gebracht. Nun bringt man ein Gefäß mit Wasser so unter das erstere Ende des Wagebalkens, daß der solide Cylinder ganz eintaucht: das Gleichgewicht wird sogleich gestöret und die Wagschale mit den Gewichten sinkt. Füllt man aber darauf das cylindrische Gefäß mit Wasser, so wird das Gleichgewicht wieder genau hergestellt. Dasselbe wird erfolgen, wenn man den soliden Cylinder in Weingeist taucht und den hohlen mit demselben Weingeiste füllet. Wenn man aber den soliden Cylinder ins Wasser senkt, und den hohlen mit Weingeist füllet, so wird die Wagschale mit den Gewichten noch nicht gehoben werden; und wenn man den soliden Cylinder in Weingeist bringt, und den hohlen mit Wasser füllet, so wird man zur Herstellung des Gleichgewichtes in die Wagschale noch Gewichte zulegen müssen. Eine gleiche Ausdehnung jedes Körpers also, der nur so schwer ist, um in einer Flüssigkeit unter zu sinken, wird beym Eintauchen in die letztere den nähmlichen Gewichtsverlust erleiden: so wird 1 KZoll Platin beym Eintauchen in Wasser eben so gut 250,67 Gran am Gewichte verlieren, wie 1 KZoll Gold, Silber, Zinn, Schwerspath, Glas oder Bernstein; weil nähmlich von einem wie von dem andern 1 KZoll Wasser verdrängt wird, dieser aber 250,67 Gran wiegt.

81. Wird ein starrer Körper, z. B. weiches Holz, auf einen specifisch schwereren, tropfbaren, z. B. auf Wasser, gebracht, so taucht er so lange ein, bis die unter ihm befindliche Wassersäule mit allen Nebensäulen ein gleiches Gewicht hat. Tauchte er ganz ein, d. h. bis sein oberster Punct mit der Wasserfläche horizontal wäre, so würde diese Säule nicht so schwer seyn als die Nebensäulen, weil nähmlich auf ihr, statt des sp. schwereren Wassers, nun eine gleiche Ausdehnung des sp. leichteren Holzes ruht. Folglich würde unten von den Nebensäulen so lange Wasser zuströmen, bis diese Säule mit den Nebensäulen von demselben Durchmesser ein gleiches Gewicht hätte; der starre Körper würde über die Wasserfläche herausgehoben werden. Der starre Körper kann also in den flüssigen nur so weit eintauchen, bis er eine Quantität des letzteren verdrängt hat, die seinem eigenen absoluten Gewichte gleich ist: je leichter er ist, desto weniger taucht er ein, und desto mehr ragt er

hervor; so wie in zwey communicirenden Röhren die sp. leichtere Flüssigkeit, z. B. Oehl, in dem einen Schenkel immer höher stehen muß, als die sp. schwerere, z. B. Wasser, in dem andern. Darauf gründet sich das Schwimmen der Körper, und umgekehrt kann man schließen, daß ein Körper, welcher auf einer Flüssigkeit schwimmt, sp. leichter als diese ist. Ein in einem schwereren flüssigen mit Gewalt untergetauchter leichterer starrer Körper steigt mit einer Kraft in die Höhe, die dem Unterschiede des sp. Gewichtes beyder gleich ist (also mit der nähmlichen Kraft, womit er in einer sp. leichteren Flüssigkeit zu Boden sinkt §. 80): daher ist ein Mensch eben so wenig im Stande, ein großes Stück Holz in Wasser unterzutauchen, als ein großes Stück Metall darin zu heben.

Den vorangehenden Erörterungen zu Folge verlieret ein starrer Körper in Flüssigkeiten von gleichem sp. Gewichte sein ganzes absolutes Gewicht, in Flüssigkeiten von geringerem sp. Gewichte nur einen Theil seines absoluten Gewichts, in Flüssigkeiten von größerem sp. Gewichte gleichsam noch mehr als sein ganzes absolutes Gewicht, indem man ihm noch etwas Gewicht zulegen kann, ohne daß er auf die Wage wirkt.

Man kann auch sp. schwerere Körper auf dem Wasser schwimmen machen, wenn man ihnen, ohne ihre Masse zu vermindern, eine Figur gibt, daß sie mehr als ihr Gewicht Wasser verdrängen müssen, ehe dieses in sie eindringen kann: so kann man Schiffe aus Kupferblech (Pontons) machen; wie sich solche Schiffe aber mit Wasser füllen, sinken sie unfehlbar. So schwimmt der Mensch, der doch etwas sp. schwerer ist (1,110) als Wasser, wenn er seine Brusthöhle erweitert, obschon er dazu auch durch die zweckmäßige Bewegung der Extremitäten viel beytragen kann. So schwimmen Leichname, wenn sie in einer gewissen Periode der Fäulniß durch häufig entbundene Luftarten aufgetrieben werden. Leere zugestopfte Flaschen schwimmen, mit Wasser gefüllt sinken sie unter. — Auch durch Verbindung mit sp. leichteren Körpern können sp. schwerere zum schwimmen gebracht werden: darauf beruht die Anwendung der Skaphander, Schwimmgürtel, der so genannten Kamele, d. h. leerer Fässer, womit man die gesunkenen Schiffe wieder an die Oberfläche des Wassers bringt.

82. Gleich wie ein stehender Körper fällt, wenn sein Schwerpunct nicht unterstützt ist (§. 47), so muß sich ein schwimmender Körper in diesem Falle durch Drehen eine Unterstützung für seinen Schwerpunct suchen. Der Schwerpunct des schwimmenden Körpers

ist unterstützt, wenn er mit dem Schwerpuncte der hebenden Wassermasse in einer senkrechten Linie (der Directionslinie §. 47) liegt. Als hebende Wassermasse kann man das durch den eingetauchten Theil des schwimmenden Körpers verdrängte Wasser ansehen; und weil dieses eine gleichartige Flüssigkeit ist, so fällt ihr Schwerpunct mit dem Mittelpuncte zusammen. Der Schwerpunct des ganzen Körpers muß also mit dem Mittelpuncte des eingetauchten Theiles desselben in Einer senkrechten Linie liegen, wenn kein Drehen erfolgen soll. In dieser senkrechten Linie kann der Schwerpunct des ganzen Körpers mit dem Mittelpuncte des eingetauchten Theiles desselben zusammenfallen, z. B. bey einer im Wasser nicht schwimmenden, sondern darin eigentlich schwebenden gleichartigen Kugel; oder der Schwerpunct liegt über oder unter jenem Mittelpuncte. Liegt der Schwerpunct über dem genannten Mittelpuncte, so wird nur dann kein Drehen bemerkt, wenn wegen der Gestalt des Körpers entweder die erwähnten zwey Puncte immer dieselbe Lage gegen einander behalten, z. B. bey einer auf dem Wasser schwimmenden gleichartigen Kugel, oder das Drehen nur schwer erfolgen kann, z. B. bey einem schwimmenden Brete. Sonst bringt bey der Lage des Schwerpunctes über dem Mittelpuncte die kleinste Abweichung des ersteren von der Directionslinie den Körper zum Drehen oder Umschlagen, bis nach einigen pendelartigen Schwankungen der Schwerpunct die möglichst tiefste Stelle, d. h. gerade senkrecht unter dem Mittelpuncte der hebenden Wassermasse eingenommen hat. In diesem Falle also, wenn der Schwerpunct in der Directionslinie unter dem Mittelpuncte liegt, hat der schwimmende Körper die festeste Lage, aus der er nähmlich am schwierigsten zu bringen ist, und in die er immer wieder zurückkehrt.

Diese drey Fälle werden wir auch an der Wage in Hinsicht der gegenseitigen Lage des Schwerpunctes und Aufhängepunctes realisirt sehen. — Aus dieser Ursache schlagen zu hoch im Wasser gehende Schiffe, schmale Kähne, in denen Menschen aufrecht stehen, leicht um, da man hingegen auf Flößen vor dieser Gefahr ganz sicher ist. Daher hängt die Sicherheit einer Seefahrt sehr von der Art der Belastung des Schiffes ab; deßwegen die Nothwendigkeit für leere Schiffe, Ballast einzunehmen. — Aus dem bisher über das passive Schwimmen der Körper Vorgetragenen lassen sich auch einige Regeln für jene des Schwimmens Unkundigen abziehen, welche durch einen unglücklichen Zufall ins Wasser stürzen. Sie sollen den Athem an sich halten, damit sie durch die

erweiterte Brusthöhle sp. leichter als Wasser werden, und dadurch mit Nase und Mund über die Oberfläche des Wassers kommen; sie sollen das instinctmäßige Herausstrecken der Hände aus dem Wasser vermeiden, denn sonst muß der Kopf unter Wasser kommen; sie sollen den Kopf zurück legen, bedachtsam athmen, und sich hüthen viel Wasser zu trinken, sonst gehen sie gleich einem sich mit Wasser füllenden Schiffe unter. Die unter Wasser horizontal ausgestreckten Arme sollen sie so bewegen, daß sie mit den flachen Händen hinab gegen das Wasser drücken, und sie dann senkrecht das Wasser schneidend wieder heraufziehen. Die Füsse sollen sie langsam anziehen und schnell wieder hinabstossen, wie man es beym Hinaufsteigen über eine Stiege zu thun pflegt. — Thiere haben vor den Menschen beym Schwimmen mehrere Vortheile; sie können z. B. die Nase sehr leicht über dem Wasser erhalten; daher ertrinken Thiere so selten. — Auch der Körper der Fische ist sp. schwerer als Wasser. Viele haben eine Schwimmblase (Korkfische), durch deren willkührliche Verengerung und Erweiterung sie sich schwerer und leichter machen können. Andere, die keine Schwimmblase haben (Bleyfische), müssen sich mit ihren Floßen helfen, wovon später beym activen Schwimmen mehr. (Ueber die Kunst zu schwimmen, in Gilb. A. 34, 28.).

83. Bringt man in Flüssigkeiten von verschiedenem sp. Gewichte einen und denselben starren Körper, der aber sp. leichter als jede der angewendeten Flüssigkeiten ist; so wird er durch den verschiedenen Grad seines Eintauchens das Verhältniß des sp. Gewichtes dieser Flüssigkeiten anzeigen, da er um so weniger eintaucht, je schwerer die Flüssigkeit ist, in welcher er sich befindet. — Taucht man einen und denselben starren Körper von größerem sp. Gewichte nach einander in mehrere Flüssigkeiten von verschiedenem sp. Gewichte, so verliert er in den leichteren weniger, in den schwereren mehr von seinem absoluten Gewichte; weil eine gleiche Ausdehnung der sp. leichteren weniger wiegt, als der sp. schwereren, und ein sp. schwererer starrer Körper in den flüssigen so viel von seinem Gewichte verliert, als ein gleiches Volumen der letzteren wiegt. Daher kann ein Körper auf einer Flüssigkeit schwimmen, und in einer andern untergehen.

So schwimmt ein Ey auf einer gesättigten Salzlauge, und geht in reinem Wasser unter. So schwimmt ein massives Stück Eisen auf Quecksilber, da es doch sonst in allen tropfbaren Körpern zu Boden sinkt. In einem See von Quecksilber könnte es ein Mensch mit aller Anstrengung nicht dahin bringen, unterzutauchen: durch Hineinsprin-

gen könnte er sich wohl erschlagen, aber nicht ertränken. Dagegen sinkt Erlenholz in Alkohol unter, da es doch auf Wasser schwimmt. Deßwegen schwimmen Menschen im Meerwasser leichter, als in süßem Wasser. Daher müssen Seeschiffe, die gerade so viel geladen haben, als sie ohne unterzugehen tragen können, etwas ausladen, wenn sie in Flüsse fahren wollen. Wenn man die Höhe, Länge, Breite und Figur des ins Wasser eingetauchten Theils des Schiffes weiß, so kann man leicht berechnen, wie viel das Schiff sammt der Ladung wiegt: man macht diesen Raum zu Kubik-Fuß, und multiplicirt diese Zahl mit 56,6, d. h. mit dem Gewichte eines Kubik-Fußes Flußwasser. Bey der Anleitung zur Bestimmung des sp. Gewichtes und bey der Aräometrie wird von diesen Sätzen Gebrauch gemacht werden.

84. Geschieht die Bewegung eines Körpers im Wasser, so erleidet sie einen Widerstand, und hier gilt Alles, was oben §. 36 von dem Widerstande des Mittels als Hinderniß der Bewegung gesagt worden ist. Die Wirkung ist beynahe dieselbe, ob ein Körper gegen ruhiges Wasser sich bewegt, oder ob bewegtes Wasser einen ruhenden Körper trifft: in dem letzten Falle übt das Wasser gegen den ruhenden Körper einen Stoß aus, und sucht ihm Bewegung mitzutheilen; daher bedient man sich in der practischen Mechanik des Wassers so häufig als bewegender Kraft (§. 37 *). Das Wasser wirkt beym Stoße zwar wie starre Körper mit dem Producte seiner Geschwindigkeit in die Masse; allein die letztere ist schwer zu bestimmen, indem tropfbare Substanzen, wenn sie längs des zu stossenden Körpers frey abfließen können, schon in einiger Entfernung ausweichen, und daher beym Stoße nur jene Wassertheile mit ihrer ganzen Masse wirken, die mit dem gestossenen Körper in unmittelbare Berührung kommen. Wenn das Wasser an den Seiten des gestossenen Körpers nicht frey abfließen kann, wenn es sich z. B. in einem Raume bewegt, der von vorn und von der Seite geschlossen ist, so wirkt es wohl auch, gleich starren Körpern, mit seiner ganzen Masse, z. B. beym Stoßheber oder Montgolfier's hydraulischem Widder (*belier hydraulique*). Daher ist auch die stossende Wirkung des Wassers größer, wenn es in einem engen Rinnsale fließt, dessen Querschnitt jenen des zu stossenden Körpers nicht viel übertrifft, wie es z. B. bey unsern gewöhnlichen Mühlgräben der Fall ist, als wenn es in einem weiten Flußbette sich bewegt, z. B. bey Schiffmühlen. Uebrigens macht es auch einen Unterschied, ob eine Fläche senkrecht oder schief vom Wasser getroffen wird. Im letz-

ten Falle vermindert sich die Wirkung im Verhältnisse des Quadrats des Sinus des Neigungswinkels. Eine Anwendung des schiefen Wasserstosses sehen wir bey den fliegenden Brücken oder Fähren. Die Wirkung des stossenden Wassers wächst endlich wie die Quadrate seiner Geschwindigkeit, d. h. ein Wasserstrahl von demselben Durchmesser übt eine vierfache Wirkung aus, wenn er mit doppelter Geschwindigkeit fließt, indem in diesem Falle die zweyfache Masse Wassers mit zweyfacher Geschwindigkeit wirkt, das Product also vervierfacht wird (§. 36).

Bey den oberschlächtigen Wasserrädern wirkt das Wasser durch sein Gewicht, bey den unterschlächtigen Rädern wirkt es als stossende Masse. Da in dem letzten Falle die Schaufeln der Räder selbst in Bewegung, und zwar mit dem Wasser in der nähmlichen Richtung, sind, so kann das Wasser nur mit seinem Ueberschuße an Geschwindigkeit wirken. — Die horizontale Bewegung des Wassers hindert öfters die senkrechte darin sich zu Boden setzender oder aufsteigender Körper, und reißt diese mit sich fort: Schlämmen durch bewegtes Wasser oder durch den Wasserschwall; Wirkung des Wassers auf die Ufer und auf den Grund; Entstehung von Sandbänken. Versandungen bey Ueberschwemmungen u. dgl. m. — Die Lehre von dem Gleichgewichte tropfbarer Körper heißt Hydrostatik; die Lehre von der Bewegung tropfbarer Körper Hydrodynamik. Die Hydraulik ist ein Theil der Maschinenlehre, der jene Maschinen zum Gegenstande hat, bey welchen Wasser entweder die bewegende Kraft oder die zu überwindende Last ist.

Elastisch-flüssige Körper oder Gase.

85. Einige Gase behalten den elastisch-flüssigen Zustand bey den tiefsten Graden von Kälte, die man bisher hervorzubringen im Stande war: diese heißen permanent-elastische Flüssigkeiten auch eigentliche Luftarten oder Lüfte. Von diesen kannte man sonst bloß Eine einzige: die für einfach gehaltene atmosphärische Luft; gegenwärtig kennen wir derer wenigstens eben so viele, als es tropfbar-flüssige Substanzen gibt. Sauerstoff-, Wasserstoff-, Stick-Luft und dgl. sind Beyspiele von permanent-elastischen Flüssigkeiten, oder von Lüften. Andere elastisch-flüssige Substanzen behaupten ihren Zustand nur bis zu einem gewissen Grade von Erkältung, und werden bey größerer Abkühlung tropfbar oder starr: diese heißen Dämpfe, z. B. Wasser-, Weingeist-, Quecksilber-, Arsenik-Dämpfe.

Noch vor Kurzem forderte man von den Luftarten im strengeren Sinne, daß sie den elastisch-flüssigen Zustand auch bey jedem bekannten

Grade von Zusammendrückung behaupten: seitdem aber Faraday und Davy die meisten Luftarten durch neue Mittel (durch ihre eigene Atmosphäre) so zusammengedrückt, daß sie tropfbar wurden, und durch diese Versuche zu dem Schluße berechtigt haben, daß sich alle Lüfte zu tropfbaren Flüssigkeiten umstalten lassen dürften, wenn die Mittel zu ihrer Zusammendrückung noch einen höheren Grad von Vollkommenheit erreichen werden: so muß man, um die Gränze zwischen Lüften und Dämpfen nicht ganz zu verwischen, von jener Forderung abstehen. Zur Vermeidung des schleppenden Ausdrucks: »elastische Flüssigkeiten,« tritt der Verfasser dem Vorschlage von L. Gmelin (in Gilb. Ann. 79, 474) sehr gern bey, statt desselben das Wort Gas zu brauchen (welches nebst der Kürze sowohl den Klang als die Biegsamkeit eines deutschen Wortes besitzet), und die Gase dann wieder in Lüfte und in Dämpfe abzutheilen, wovon unter dem gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre die ersteren wenigstens noch bey 0° R. elastisch bleiben, die letzteren aber bey dieser T. elastisch zu seyn aufhören müssen (Schweigg. J. 38, 116, und 41, 451. Scholz Lehrbuch der Chemie). Was von den allgemeinen Eigenschaften elastisch-flüssiger Substanzen oder der Gase gesagt werden wird, gilt von den Dämpfen nur, so lange sie sich im elastisch-flüssigen Zustande befinden (*La Place sur la constitution des Gaz etc. in Annal. de chim. et phys.* 18, 181).

86. Die Gase besitzen die Verschiebbarkeit der Theile, und alle davon abhängigen Eigenschaften wenigstens in demselben Grade, wie die tropfbaren Substanzen, unterscheiden sich aber von diesen durch einen ohne Vergleich höheren Grad von expansiver Elasticität. Denn, indem tropfbare Körper sich so wenig zusammendrücken und ausdehnen lassen, daß man ihnen diese Eigenschaft wegen ihrer Unmerklichkeit ganz abgesprochen hat: so kennen wir im Gegentheile noch gar nicht die Gränzen, welche der Ausdehnbarkeit und Zusammendrückbarkeit der Luftarten gesteckt sind. So wie wir in dem tropfbar-flüssigen Zustande die Cohäsions-Kraft der Körper durch die Schwere überwunden, oder wenigstens die Theile derselben durch ihr eigenes Gewicht sich haben verschieben gesehen: so wird bey den Luftarten nicht nur die Cohäsions-Kraft ganz, sondern auch die Schwere großen Theils von der vorherrschenden Expansiv-Kraft überwältigt. So wie sich also die allgemeinsten Wirkungen tropfbarer Körper aus ihrer Flüssigkeit und Schwere herleiten ließen; so werden sich jene der Gase auf ihre Flüssigkeit und Elasticität gründen.

Die Körper sind nur im elastisch-flüssigen Zustande Gegenstände des Geruchssinnes, so wie sie nur im tropfbar-flüssigen Zustande Gegenstände des Geschmackssinnes sind.

87. Bey tropfbaren Substanzen werden der Neigung aufs Feinste zu zerfließen, durch Gefäße feste Gränzen gesetzt; bey Gasen muß das Bestreben, ihren Raum nach allen Richtungen gleichmäßig und unaufhörlich zu erweitern, durch andere Körper, die entweder durch ihre Cohäsion, oder durch ihre Anziehung in bestimmten Richtungen jenem Bestreben entgegenwirken, beschränkt werden: so können Gase nur in Gefäßen gesammelt werden, die sie von allen Seiten absperren; so wird die atmosphärische Luft durch die Anziehung der Erde um dieselbe verdichtet. Da die Expansiv-Kraft der Luft dort, wo ihrem Erweiterungsbestreben durch die Wände der Gefäße Gränzen gesetzt sind, nicht zu wirken aufhöret, so übet sie auf diese Wände einen Druck aus, der ganz gleichförmig ist, d. h. jede gleich große Fläche der Wände hat einen gleich großen Druck auszuhalten. Die Stärke dieses Druckes vergleicht man gewöhnlich mit der Höhe einer tropfbaren Flüssigkeit (meistens des Quecksilbers), welche auf eine gleiche Fläche eines horizontalen Bodens einen gleich großen Druck ausübet. Wenn man also sagt: Wasserdämpfe haben bey + 80° R. eine Elasticität von 28,5 Quecksilber-Zoll: so will man damit so viel sagen, als daß die Wände eines ganz geschlossenen Gefäßes, in welchem etwas Wasser bis auf 80° erhitzt wird, von den entwickelten Dämpfen einen Druck auszuhalten haben, als wären sie gleichförmig mit einer 28,5 Zoll hohen Lage Quecksilbers bedeckt.

Daraus läßt sich dann der Druck, den die Wände erleiden, leicht auf gewöhnliches Gewicht reduciren. Ein Quadrat-Zoll Fläche, über welcher eine 28,5 W. Zoll hohe Quecksilbersäule steht, trägt eigentlich 28,5 Kubik-Zoll Quecksilber, also, da Ein W. Kubik-Zoll Quecksilber 14,174 W. Loth wiegt, 12 Pf. 20 Loth, und wenn die Wände zusammen Einen Quadrat-Fuß = 144 Quadrat-Zoll Fläche darbiethen, so halten sie einen Gesammtdruck von 1818 Pfund aus. — Dieses Rechnen nach Quecksilberhöhe kommt wahrscheinlich daher, weil man sich mit Quecksilber gefüllter Barometerröhren (wie Fig. 33) als Elasticitätsmesser oder Elaterometer bediente. Wird diese Röhre ABCD, welche so mit Quecksilber gefüllt ist, daß sich zwischen dem verschlossenen Ende A und dem Quecksilberspiegel o keine Luft befindet, mit dem offenen Ende D in die auf ihre Elasticität zu untersuchende luftartige Substanz getaucht, so zeigt der Unterschied der Quecksilberhöhe im kurzen und langen Schenkel den Grad der Elasticität dieser Substanz an. Stehet z. B. das Quecksilber im längeren Schenkel 28 Zoll über dem Quecksilberspiegel im kurzen Schenkel, so hält die Elasticität des untersuchten Gases 28 Zoll Quecksilberhöhe das Gleichgewicht, oder ist gleich

28 Quecksilberzoll, und übet also auf jede Fläche einen Druck aus, der jenem einer eben so hohen Quecksilberbedeckung gleich ist.

88. Die Kraft, mit welcher Luft ihren Raum nach allen Seiten zu erweitern sucht, oder auf die Hindernisse dieser Erweiterung drückt, und von diesen wieder gedrückt wird, heißt man wohl auch die Spannung oder Tension derselben; so wie man z. B. eine Stahlfeder gespannt heißt, wenn sie so gedrückt oder gebogen ist, daß sie wieder zurück drückt. Gleichwie eine gespannte Uhrfeder keinen größeren Druck äußern kann, als derjenige ist, durch den sie selbst zusammengedrückt wurde; so kann auch die Spannung der Luft nicht größer und nicht kleiner seyn, als der Druck, unter dem sie stehet. Vermindert sich bey gleichbleibender Spannung der Druck, so dehnt sich die Luft so lange aus, bis sie durch die Ausdehnung selbst so viel von ihrer Spannkraft verloren hat, daß sie mit dem verminderten Drucke wieder im Gleichgewichte stehet; vermehrt sich der Druck, so wird die Luft in einen engern Raum zusammengepreßt, bis sie mit der dadurch vermehrten Spannkraft dem Drucke wieder das Gleichgewicht hält. Das Gegentheil erfolgt bey vermehrter oder verminderter Spannung, und bey gleichbleibendem Drucke. Die Erfahrung hat gelehrt, daß nicht nur die Spannung, sondern auch die Dichtigkeit der Luft im geraden Verhältnisse mit dem Drucke zunimmt. Wenn also Luft unter einem Drucke von 28 Zoll Quecksilberhöhe einen Raum von 12 Zoll einnimmt, und eine Dichtigkeit = 1 hat, so wird sie unter einem Drucke von 56 Quecksilber-Zoll nicht nur eine doppelte Spannkraft haben, indem sie einem doppelten Drucke das Gleichgewicht hält, sondern auch nur einen Raum von 6 Zoll einnehmen, und folglich eine Dichtigkeit = 2 besitzen; bey einem Drucke von 84 Zoll wird sich die Spannkraft und Dichtigkeit verdreyfachen, das Volumen aber auf 4 Zoll, also aufs Drittheil reduciret werden. Diese von Mariotte zuerst durch Versuche gefundene Verhältnißmäßigkeit zwischen Druck, Elasticität und Dichtigkeit ist unter dem Nahmen des Mariotte'schen Gesetzes allgemein bekannt, und von sehr ausgebreiteter Anwendung. Dieses Gesetz hat man bey allen Graden von Verdichtung oder Verdünnung, die man bisher mit Gasen vorzunehmen im Stande war (nach Oersted bey einem Drucke von 70, nach Dalton bey einem Drucke von 110 Atmosphären), bestätigt gefunden; dessen ungeachtet kann niemand behaupten, daß es auch über diese Gränzen hinaus so streng gelten werde.

Nur bey einem solchen Drucke, unter welchem Gase tropfbar zu werden anfangen, hören sie auf dem Mariotte'schen Gesetze zu folgen, z. B. schwefligsaures Gas schon bey einem Drucke von 2,3 Atmosphären. Nach Despretz sollen sich Luftarten unter gewissen Umständen dem Mariotte'schen Gesetze entziehen (Gilb. A. 85, 605. Berzelius Jahresb. 8, 61).

89. So wie es ein absolutes und specifisches Gewicht gibt, so unterscheidet man bey Gasen absolute und specifische Elasticität. Die erste wird bloß nach dem Drucke geschätzt, welchen ein Gas durch seine Elasticität ausübet, und dabey auf die Dichtigkeit derselben gar keine Rücksicht genommen; die letztere aber ist das Resultat der Vergleichung der Spannung mit der Dichtigkeit (unter übrigens gleichen Umständen, vorzüglich bey gleicher Temperatur), und man legt jenem Gas eine größere specifische Elasticität bey, welches bey gleicher Spannung eine geringere Dichtigkeit, oder bey gleicher Dichtigkeit eine größere Spannung äußert. Wenn z. B. der Elasticitätsmesser in einem mit Sauerstoffluft, und in einem andern mit Wasserstoffluft gefüllten Gefäße eine Spannung von 28 Zoll anzeigt, so haben beyde eine gleiche absolute Elasticität: weil aber bey dieser Elasticitätsäußerung die Wasserstoffluft 15 Mahl leichter (weniger dicht) als Sauerstoffluft ist, so legt man der Wasserstoffluft eine 15 Mahl größere specifische Elasticität bey. Da das sp. Gewicht der Gase bey einerley Thermometer- und Barometerstande, also bey gleicher Spannung stets dasselbe bleibt, so verhält sich die sp. Elasticität der Gase umgekehrt wie ihr sp. Gewicht.

Weil von dem großen Einfluße der Wärme auf die Spannkraft der Gase erst später die Rede seyn kann, so werden bey den hier vorgetragenen Sätzen immer gleiche Temperaturen vorausgesetzt.

90. Wenn tropfbare Substanzen von verschiedenem sp. Gewichte, die sich chemisch nicht mit einander verbinden, in demselben Gefäße zusammen kommen, so sondern sie sich in horizontalen Schichten über einander ab (§. 71): bey Gasen ist dieses ganz anders; denn wenn mehrere Luft- und Dampfarten von dem verschiedensten sp. Gewichte in demselben Gefäße zusammen kommen, so dehnt sich jede derselben in dem ganzen Raume so aus, als ob die anderen gar nicht da wären, und die Spannung, welche das Gasgemenge äußert, so wie seine Dichtigkeit, ist der Summe der Spannungen und Dichtigkeiten aller einzelnen Gase gleich. Wenn z. B. in ein Gefäß, welches 60

Kubik-Zoll Inhalt hat, 20 Kubik-Zoll Sauerstoffluft von 28 Zoll Spannung und 1,1026 sp. Gewicht, 20 Kubik-Zoll Stickluft von 24 Zoll Spannung und 0,9760 sp. Gewicht, dann 20 Kubik-Zoll Wasserstoffluft von 20 Zoll Spannung und 0,0688 sp. Gewicht gebracht worden: so befindet sich durch das ganze Gefäß ein gleichförmiges Gemenge der drey Luftarten, welches 24 Zoll Spannung und ein sp. Gewicht von 0,71580 zeigt.

Bey der Vereinigung mehrerer Portionen derselben Luft in Einem Gefäße wächst die Dichtigkeit mit der Spannung im gleichen Verhältnisse. — Das gleichförmige Verbreiten der Lüfte und Dämpfe durch einander erklären Einige aus der großen Adhäsion, welche Gasarten gegen einander äußern; Andere halten es mit Dalton für eine nothwendige Eigenschaft der Gase, daß die Theile jedes einzelnen nur unter sich Elasticität zeigen, auf die Theile jedes andern aber gar nicht wirken

91. Weil unsere Lüfte als irdische Körper von der Erde angezogen werden, oder schwer sind, so müssen sie nicht allein Gewicht zeigen, also gewogen werden können, sondern die unteren Schichten müssen auch, weil das Gewicht der oberen auf ihnen lastet, und weil sie elastisch sind, zusammengedrückt und um so dichter werden, je höher die auf ihnen ruhende Luftsäule ist. In den Gefäßen, in welchen wir Gase behandeln, ist wegen der unbedeutenden Höhe der Unterschied zwischen der Dichtigkeit der oberen und unteren Schichten unbemerkbar; stellen wir uns aber einen Meilen hohen mit Luft gefüllten Cylinder vor, so wird dieser Unterschied nicht allein merklich, sondern sehr auffallend werden, und es wird sich zeigen, daß, wenn man sich diese Luftsäule in 1000 gleiche horizontale Schichten getheilt denkt, die Dichtigkeit derselben in einem geometrischen Verhältnisse abnimmt, während die Höhe, in der sie sich befinden, in einem arithmetischen Verhältnisse zunimmt.

Die Atmosphäre können wir uns aus solchen hohen Luftsäulen bestehend vorstellen; und dieser aus dem Mariotte'schen Gesetze fließende Satz wird daher in der Abhandlung über die Atmosphäre eine sehr ausgezeichnete Anwendung finden. Theilet man z. B. die Atmosphäre ihrer ganzen Höhe nach in 1000 gleiche horizontale Schichten, und verhält sich die Dichtigkeit der untersten zur Dichtigkeit der nächsten wie 1000 : 999, so wird sich auch die Dichtigkeit jeder anderen Schichte zur Dichtigkeit der unmittelbar über ihr befindlichen Schichte wie 1000 : 999 verhalten. Ist also die durch Versuche gefundene Dichtigkeit der untersten Schichte z. B. mit 10458 ausgedruckt worden, so wird die Dichtigkeit der nächsten nur 10448 (denn 1000 : 999 = 10458 : 10448),

die Dichtigkeit der dritten 10438, der vierten 10428; der fünften 10417 u. s. w. seyn.

92. Tropfbare und starre Körper verhalten sich beym Eintauchen in Luft eben so, wie beym Eintauchen in tropfbarflüssige Substanzen: sie verlieren darin von ihrem Gewichte so viel, als eine gleiche Ausdehnung der Luft wiegt. Da ein Kubik-Fuß atmosphärischer Luft (bey dem mittleren Thermometer- und Barometerstande) 518,4 Wiener Gran wiegt, so verliert jeder Körper, dessen Volumen 1 W. Kubik-Fuß beträgt, beym Wägen in solcher Luft 518,4 Gran, also über zwey Lothe von seinem absoluten Gewichte. Wenn nun ein Körper bey 1 Kubik-Fuß Volumen 1000 Pfund, der andere nur 50 Pfund wiegt, so verliert der erste durchs Wägen in der Luft nur 1/1485, der zweyte aber 1/741 von seinem absoluten Gewichte. Daher muß das genaueste Wägen im luftleeren Raume geschehen, oder die Dichtigkeit der Luft, in der es geschieht, genau bekannt seyn, und der dadurch entstandene Verlust mit in Rechnung gebracht werden. — Alle Körper fallen in der Luft nur mit ihrem respectiven Gewichte (§. 80); und da das respective Gewicht mit dem specifischen in geradem Verhältnisse stehet, so müssen spec. schwerere Körper in lufterfüllten Räumen schneller, als spec. leichtere fallen (§. 43*). Die Einrichtung des Luftdichtigkeitsmessers, Manometers oder Dasymeters, beruhet auf diesen Grundsätzen. Das älteste und bisher noch gebräuchlichste, von Otto Guerike erfundene, und vom Ritter v. Gerstner verbesserte Manometer, besteht aus einer sehr empfindlichen Wage, deren Wagebalken an dem einen Ende einen Körper von sehr großem spec. Gewichte (am besten also ein Stück Platin), an dem andern Ende eine hohle, möglichst große und leichte Kugel, in einer Luft von genau bestimmter Dichtigkeit im Gleichgewichte trägt. Wird das Instrument in dünnere Luft gebracht, so vermindert sich der Gewichtsverlust der Kugel im größeren Verhältnisse als jener des Platins, und man muß diesem Gewichte zulegen, um es mit jener wieder ins Gleichgewicht zu bringen. In dichterer Luft verliert die Kugel mehr von ihrem absoluten Gewichte als das Platin, und man muß jener Gewichte zulegen, um das Gleichgewicht wieder herzustellen. Gesetzt, das Platin betrage 1 Kubik-Zoll, die Kugel 1 Kubik-Fuß, und die Wage sey in gewöhnlicher atmosphärischer Luft ins Gleichgewicht gebracht, worin das Platin 0,3, die Kugel aber 518 Gran von ihrem eigentlichen Gewichte verlieren, und das Instrument

werde nun in Luft, welche nur halb so schwer als die vorgenannte atmosphärische Luft ist, aufgestellt, so verliert das Platin 0,15, die Kugel aber 259 Gran am Gewichte: folglich wird die Kugel um 258,85 Gran mehr Gewicht zeigen, und dieses wird dem Platin zugelegt werden müssen, um das Gleichgewicht wieder herzustellen (Gren's Journal der Physik 4, 172—189). — Alle starren und tropfbaren Substanzen sind spec. schwerer, als selbst die schwereste Luft- oder Dampfart; dadurch aber, daß man starre oder tropfbare für Luft undurchdringliche Hüllen mit einer Luft von geringer Dichtigkeit aufschwellet, kann man es dahin bringen, daß die Hülle sammt der sie ausdehnenden leichten Luft weniger wiegt, als ein gleiches Volumen einer schwereren Luft: ist dieses der Fall, so steigt das Ganze mit einer Kraft, welche der genannten Gewichts-Differenz gleich ist, so lange in die Höhe, bis es entweder an ein starres Hinderniß stößt, oder eine Luftschichte erreicht, wovon ein dem seinigen gleiches Volumen dasselbe Gewicht hat. In der letzteren bleibt es an jeder Stelle schweben. Darauf beruht das passive Schwimmen in der Luft oder die Aeronautik, welche erst in der Lehre von der Atmosphäre etwas mehr ausgeführt werden kann.

Weil elastisch-flüssige Körper leichter sind als tropfbare, darum steigen Gasarten und Dämpfe in den letzteren in Blasengestalt in die Höhe, wie wir dieses in Sauerbrunnen und in jeder siedenden Flüssigkeit sehen. — Die Beschreibung der Einrichtung und Behandlung von Prechtl's sinnreichem Manometer oder Boroskope, welches bey Beobachtung der dort vorgeschriebenen Vorsichten und Handgriffe eine zur Bestimmung von Berghöhen hinreichende Genauigkeit zuläßt, findet man in den Jahrbüchern des k. k. polytechn. Institutes 4, 284.

93. Werden zwey Gefäße, in denen sich Luft von verschiedener Spannung befindet, durch eine Röhre mit einander in Gemeinschaft gesetzet, so strömt aus dem mit der stärker gespannten Luft gefüllten Gefäße diese so lange in das andere Gefäß mit der weniger gespannten Luft über, bis in beyden Gefäßen gleiche Spannung herrscht. Die Geschwindigkeit des Ueberströmens steht mit der Differenz der Spannung im geraden Verhältnisse, ist also im Anfange immer am größten und vermindert sich allmählich, so daß sie zuletzt, wenn sich die Spannungen der Gleichheit nähern, beynahe unmerklich wird. Dasselbe gilt von dem Ausströmen einer stärker gespannten Luft aus einem Gefäße in die Atmosphäre, und von dem Einströmen der letzteren in ein Gefäß, worin sich weniger gespannte Luft befindet. Dar-

auf beruht der Mechanismus des Athmens, der Gebläse, der Gasometer, der Luftpumpen u. s. w.

Wird ein mit irgend einer Gasart gefülltes Gefäß entweder mit einem andern Gefäße, worin sich eine specifisch verschiedene Gasart von derselben Spannung und von demselben spec. Gewichte befindet, oder mit der Atmosphäre, welche die Gasart in dem Gefäße, mit der sie die Spannung und das spec. Gewicht gemein hat, nicht als Bestandtheil enthält, in Gemeinschaft gesetzt: so ist kein Grund vorhanden, warum das Gas aus dem Gefäße ausströmen, oder warum etwas aus dem andern Gefäße oder aus der Atmosphäre hineinströmen soll; auch wird kein deutliches Aus- oder Einströmen wahrgenommen werden: dessen ungeachtet wird sich nach längerer Zeit in beyden Gefäßen ein gleichförmiges Gemenge von beyden Gasarten befinden, oder es wird im Falle der Gemeinschaft mit der atmosphärischen Luft diese den Platz der specifisch verschiedenen Gasart eingenommen haben. Diese Thatsache führt Dalton als einen Hauptbeweis seiner Hypothese (§. 99) an. Selbst wenn die Communication nicht frey, sondern mit Wasser oder mit einem porösen starren Körper, z. B. mit thierischer Blase, abgesperrt ist, geschieht diese Wanderung der Gase aus einem Gefäße in das andere, oder in die Atmosphäre. Wenn z. B. Lebensluft in einer Glocke, welche einige Zoll tief im Wasser stehet, aufbewahret wird, so wird die Lebensluft vom Wasser absorbirt, und außerhalb der Glocke an die Atmosphäre abgegeben; dafür wandert auf eben demselben Wege eine gleiche Portion Stickluft aus der Atmosphäre in die Glocke, so daß nach längerer Zeit in der Glocke statt Lebensluft bloß atmosphärische Luft angetroffen wird. Auf diesen Umstand muß bey Aufbewahrung von Luftarten Rücksicht genommen werden. (Dutrochet's Endosmose und Exosmose, §. 73*; Magnus in Gilb. A. 86, 153; 87, 134).

94. In Hinsicht des Widerstandes, welchen luftförmige Substanzen den in ihnen vorgehenden Bewegungen anderer Körper leisten, gelten alle Sätze, welche oben §. 36 von dem Widerstande des Mittels aufgestellt worden sind. Nur kommt hier noch zu bemerken, daß die Luft als eine elastische und sehr zusammendrückbare Substanz von dem in Bewegung begriffenen Körper zusammengedrückt wird, vorzüglich wenn die Bewegung so schnell geschieht, daß die Luft wegen ihres Beharrungsvermögens nicht schnell genug ausweichen, und den von dem Körper verlassenen Raum wieder einnehmen kann. In diesem zusammengedrückten Zustande wirkt sie auf den bewegten Körper durch ihre Elasticität zurück, und thut dessen Bewegung größeren Abbruch, als dem oben aufgestellten vierten Gesetze gemäß geschehen sollte. Wie groß der Widerstand der Luft bey sehr großen

Geschwindigkeiten werden kann, ist am angeführten Orte (§. 36) bereits erwähnt worden. — Dasselbe, was von dem Widerstande ruhiger Luft gesagt worden ist, gilt von der bewegenden Kraft oder von dem Stoße bewegter Luft. Auch diese sind aus derselben Ursache, wie der Widerstand, viel bedeutender, als sie es der bloßen Masse und Geschwindigkeit zu Folge, vergleichungsweise mit der bewegenden Kraft des Wassers, seyn sollten. Sonst läßt sich Alles, was von dem Wasserstoße gesagt worden ist, auf den Stoß luftartiger Körper übertragen. Bey der Anwendung des Windes zur Bewegung unserer Mühlen, Wasserpumpen, Schiffe u. dgl., so wie bey der Erklärung der zerstörenden Wirkungen der Stürme u. dgl. müssen wir den Effect nach diesen Grundsätzen beurtheilen.

Wegen des Widerstandes der Luft fallen leichtere Körper in der Luft viel langsamer als schwerere. Selbst specifisch ziemlich schwere Körper erhalten sich in sehr fein gepulvertem Zustande aus derselben Ursache in der Luft schwebend, aus der sie im Wasser sich erst nach einiger Zeit zu Boden setzen. Die Knaben wissen ihre papierne Drachen selbst bey ruhiger Luft bloß durch den Widerstand derselben steigen zu machen, indem sie den Wind durch ihr Laufen ersetzen. — Nur durch das Wachsen des Luftwiderstandes in einem sehr großen Verhältnisse mit der Geschwindigkeit des bewegten Körpers wird es möglich, daß Thiere mit einem viele hundert Mahl specifisch schwereren Körper sich mittelst ihrer Flügel in der Luft erheben und nach Willkühr bewegen. Das Fliegen der Meister in dieser Kunst, der größeren Vögel, hat sehr viel Aehnlichkeit mit dem activen Schwimmen der Bleyfische. Das Herabwärtsschlagen der unten etwas concaven Flügel muß so horizontal und schnell geschehen, daß eine große Menge unter denselben bedeutend verdichteter, und daher stark widerstehender Luft, dem Körper des Vogels beym Aufsteigen nicht nur als Stützpunct dienet, sondern auch durch ihre rückwirkende Elasticität ihn erheben hilft. Beym Aufschlage der Flügel ist der Widerstand der Luft theils wegen der Gestalt der letzteren, theils wegen des Winkels, unter welchem, und vielleicht auch der geringeren Geschwindigkeit wegen, mit welcher ihn der Vogel verrichtet, viel kleiner. (Girard über das Ausströmen der Gase durch Röhren in *Annal. de chim. et phys.* 16, 129. — G. G. Schmidt in Gilb. A. 66, 39 und 78, 39.)

95. Der Schauplatz unsers Wirkens, die Oberfläche der Erde, ist allenthalben mit Luft umgeben. Diese dringt wegen ihrer Flüssigkeit und Elasticität in jeden Raum ein, der gerade von keinem andern Körper besetzt ist, wenn ihr nur der kleinste Zugang offen steht.

Wollen wir daher Versuche im luftleeren Raume machen, so müssen wir uns denselben durch künstliche Vorrichtungen und besondere Handgriffe verschaffen. Einen kleinen luftleeren Raum, die sogenannte Torricelli'sche Leere, verschafft man sich z. B. über dem Quecksilber, wenn man eine mehr als 28 Zoll lange, an dem einen Ende zugeschmolzene, an dem andern offenen Ende umgekrümmte Röhre, d. h. eine Barometerröhre, mit Quecksilber füllt, und dann so umkehrt, daß das zugeschmolzene Ende nach oben zu stehen kömmt. Größere, zwar nicht ganz luftleere, aber doch mit so verdünnter Luft, daß man ihre physischen Eigenschaften kaum mehr wahrnimmt, gefüllte Räume erhält man durch die Luftpumpe, deren ganze Einrichtung sich auf die zwey Haupteigenschaften der Luft, nähmlich auf ihre Flüssigkeit und Elasticität gründet. Die Hauptbestandtheile der Luftpumpe (antlea) sind der Recipient und die eigentliche Pumpe. Die Pumpe besteht aus dem Stiefel, d. h. einer metallenen Röhre, und dem Kolben, der in dieser Röhre luftdicht auf und nieder bewegt werden kann. Durch das Hinabdrücken des Kolbens wird die Luft aus dem Stiefel hinausgetrieben; die Luft aus dem Recipienten verbreitet sich in den beym Hinaufziehen des Kolbens im Stiefel entstehenden leeren Raum, und wird dadurch verdünnt, indem sie bey derselben Masse nun einen größeren Raum einnimmt, als vorher. Die Ventile sind so angebracht und eingerichtet, daß sie die Luft aus dem Stiefel wohl in die Atmosphäre, aber aus dieser nicht zurück, dann beym Aufziehen des Kolbens die Luft aus dem Recipienten in den Stiefel, aber beym Niederdrücken des Kolbens nicht wieder in den Recipienten zurückströmen lassen. — Durch öfteres Wiederhohlen des beschriebenen Verfahrens kann die Verdünnung der Luft immer weiter getrieben werden, bis endlich bey einem gewissen erreichten Grade die größere oder geringere Vollkommenheit der Maschine der weiteren Verdünnung Gränzen setzt.

Aus dem Gesagten erhellet, daß man durch Luftpumpen die Luft im Recipienten wohl sehr verdünnen, aber doch nie daraus vollständig vertreiben, folglich keinen ganz luftleeren Raum hervorbringen kann; obschon ein Raum mit sehr verdünnter Luft, oder die Guerike'sche Leere, öfters so genannt wird. Nur durch eine sehr gute Luftpumpe ist man im Stande, die Luft in einem Recipienten so zu verdünnen, daß sie nur 1 Linie Quecksilberhöhe Spannung zeigt; mit den besten Luftpumpen will man die Verdünnung bis auf 1/3 L. Spannung ge-

trieben haben. — Da die Luft bey der möglich größten Verdünnung, die man bisher noch hervorzubringen im Stande war, den Raum ganz erfüllet, so läßt uns dieß auf eine so vollkommene Elasticität schließen, daß wir die Gränzen derselben gar nicht kennen. — Der Erfinder der Luftpumpe, Otto Guerike, Bürgermeister zu Magdeburg, stellte auf dem Reichstage zu Regensburg im Jahre 1654 vor dem deutschen Kaiser Rudolph öffentliche Versuche an, wodurch er die Bewunderung seiner Zeitgenossen erregte (Ottonis de Guerike experimenta nova Magdeburgica de vacuo spatio. Amstelodami 1672). Die Einrichtung dieser wichtigen physikalischen Maschine ist dann von vielen Physikern und Mechanikern, z. B. von Robert Boyle, Hook, Papin, Gravesand, Senguerd, Leupold, Nollet, Hauksbee, vorzüglich aber von Smeaton, Cuthberson und Fortin auf mannigfaltige Art verändert und vervollkommnet worden, und hat nicht nur zur Berichtigung und Bereicherung unserer Kenntnisse ungemein viel beygetragen, sondern wird in den neuesten Zeiten auch als Hülfsmittel bey Maschinen und chemischen Operationen, z. B. bey Dampfmaschinen, in Zucker-Raffinerien u. dgl. m. gebraucht (S. Karsten's Lehrbegriff der gesammten Mathematik, 6. B. Gehler's physikalisches Wörterbuch, 3. und 5. Band. Gilb. Ann. der Phys.). Der wesentlichste Unterschied besteht darin, daß einige Luftpumpen mit Hähnen, andere mit Ventilen versehen sind, wovon jede Art ihre eigenen Vortheile, aber auch wieder ihre Nachtheile hat. Von den Herren Baader und Hindenburg sind hydraulische Luftpumpen vorgeschlagen worden.

96. Manche Luftpumpen lassen sich durch eine kleine Veränderung so einrichten, daß sie, statt die Luft aus einem gesperrten Raume auszuziehen, neue Luftmengen hineintreiben, und die Luft also in diesem Raume verdichten oder comprimiren: sie heißen dann Compressions-Luftpumpen, Verdichtungs-Luftpumpen auch Compressions-Maschinen. Mit der einfachsten Vorrichtung dieser Art werden die Windbüchsenflaschen gepumpt. Die Spannung nimmt mit dem Grade der Compression zu, und kann bey Luftarten, welche die größten Verdichtungen ohne Verlust ihres elastisch-flüssigen Zustandes ertragen können, bis zu Graden gesteigert werden, daß sie außerordentliche Wirkungen leistet. (Oersted in Schweigg. J. 45, 366.).

Davon geben uns die Windbüchsen ein Beyspiel, obschon auch die angestaunten Wirkungen des Schießpulvers nur Erfolge der durch das Verbrennen desselben erzeugten Luftarten sind, derer Elasticität durch die zugleich entbundene Wärme noch sehr vermehrt wird (Scholz

Chemie 2, 119). Auch die Wirkungen des Belagerungsgeschützes der Alten, ihrer Katapulten und Balisten beruhten auf Elasticität, nur nicht auf der Elasticität der Luft, sondern auf jener der Stricke. Beym Schießen mit Bolzbüchsen wird die Luft durch einen Blasebalg, und beym Schießen mit dem gemeinen Blaserohre durch die Lungen comprimirt. — Marin aus Lisieux soll schon im J. 1408 eine Windbüchse für Heinrich IV. verfertigt haben; und in dem Zeughause von Schmetau wurde eine Windbüchse aufbewahrt, die sich aus dem Jahre 1474 herschrieb.

97. Die Flüssigkeit, Elasticität, das geringe sp. Gewicht der Lüfte, und der Umstand, daß wir uns immer in einem Luftmeere befinden, welches so gern alle übrigen Gase aufnimmt oder sich unter sie mengt, macht bey der Behandlung derselben eigene Geräthschaften und Handgriffe nothwendig, um sie gehörig einschließen und aus einem Gefäße in das andere bringen zu können. So wenig als man Wasser aus einem Gefäße in das andere im Wasser selbst überfüllen kann, so wenig kann man Gasarten in der atm. Luft aus einem Gefäße in das andere versetzen. Man muß diese Geschäfte also in tropfbaren Mitteln verrichten. Unter diesen ist das Wasser das gemeinste, und läßt sich am leichtesten behandeln. Man bedient sich dessen also bey Gasarten, die sich mit dem Wasser nicht verbinden, noch sonst von demselben verändert werden. Um das Erstere zu vermeiden, ist es manches Mahl nothwendig, warmes, oder mit Salzen gesättigtes Wasser anzuwenden. Gasarten, welche, ohne eine Veränderung zu erleiden, weder mit kaltem noch mit warmem Wasser in Berührung gebracht werden dürfen, behandelt man in Quecksilber. — Da die luftartigen Körper immer specifisch leichter sind als die tropfbaren, so lassen sie sich nicht so aus einem Gefäße in das andere bringen, wie tropfbare Körper in der Luft, daß man das leere (eigentlich mit Luft gefüllte) Gefäß etwas tiefer stellt, und aus dem vollen die Flüssigkeit hinein fallen läßt, welche dann die Luft aus dem so genannten leeren Gefäße verdrängt, und ihren Platz einnimmt; sondern bey dem Ueberfüllen von Luftarten muß man gerade umgekehrt verfahren: aus dem mit einer Gasart zu füllenden Gefäße muß erst die darin vorhandene atm. Luft verdrängt werden; man füllt es also mit Wasser; dann kehrt man es unter dem Wasser so um, daß der Boden oben und die Mündung unten, und letztere auch immer unter der Oberfläche des Wassers zu stehen kommt; darauf bringt man die Flasche oder Glocke mit der zu über-

füllenden Luft gleichfalls verkehrt unter das Wasser, neigt sie aber allmählich so, daß ihre Oeffnung gerade unter die Mündung der ersten Flasche oder Glocke zu stehen kommt. Nun wird in die untere Flasche das Wasser dringen, und die darin enthaltene Luft wird in Blasen in die obere Flasche steigen, aus der sie das Wasser verdrängt. Wenn dieses beyläufig nur noch einen Zoll hoch über dem Halse steht, stopft man die Flasche zu, stellt sie mit dem Halse in ein kleines Gefäß mit Wasser, z. B. in ein Trinkglas, und kann sie nun (wenn man das in dem Trinkglase verdunstete Wasser immer ersetzt) ohne Verlust und Verminderung lange Zeit aufbewahren. Wenn es auf große Reinheit des Gases ankommt, muß aus der oben (§. 93*) angeführten Ursache sowohl das Auffangen als Aufbewahren über Quecksilber geschehen.

Um diese Handgriffe mit mehr Bequemlichkeit verrichten zu können, gibt man der Wasser- oder Quecksilberwanne eine eigene Einrichtung. Man befestigt nähmlich 4 bis 5 Zoll tief in derselben ein starkes Querbret, welches ein oder mehrere Löcher hat, die sich nach unten trichterförmig erweitern: dieses nennt man die Brücke. Die Wanne muß immer so gefüllt werden, daß eine 1 oder 2 Zoll hohe Schichte der Flüssigkeit die Brücke bedeckt. Nun bringt man z. B. die mit Wasser gefüllte Flasche umgekehrt, mit dem Halse immer unter der Oberfläche des Wassers, über das Loch, und stellt sie dort auf, damit man sie nicht immer zu tragen brauche. Die mit Luft gefüllte Flasche kehrt man gerade unter dem hölzernen Trichter um, durch den die Luft dann viel sicherer in die obere Flasche geleitet wird. Die so eingerichtete Wasserwanne (am besten von Holz, von Innen mit Kupfer beschlagen) heißt man die pneumatische Wasserwanne, auch den hydropneumatischen Apparat. Die Quecksilberwannen werden wegen des größeren Gewichtes des Quecksilbers, und wegen seines Einwirkens auf viele Metalle am zweckmäßigsten von Marmor- oder Gußeisen, und wegen der Kostbarkeit des Quecksilbers mit allerley Raum ersparenden Vortheilen verfertigt: sie heißen pneumatische Quecksilber-Apparate, auch hydrargyropneumatische Apparate (Gilb. Ann. 55, 116). — Die Lehre von dem Gleichgewichte elastisch-flüssiger Körper sowohl unter sich als mit andern heißt Aerostatik, die Lehre von der Bewegung derselben Aerometrie auch Pneumatik.

Imponderabilien.

98. Die nicht sperrbaren Flüssigkeiten, die Incoercibilien, Imponderabilien, die ätherischen Stoffe

oder strahlenden Potenzen, wohin bis jetzt der Licht- und Wärmestoff, die elektrische und magnetische Materie gehören, sind solche, die gar keine Gegenwirkung äußern, an denen man noch nicht die geringste Schwere wahrgenommen hat, welche weder der Erde noch einem andern Planeten anzugehören, sondern Stoffe des Universums, also wahre Weltbürger zu seyn scheinen, durch welche die verschiedenen Himmelskörper in Verbindung stehen, sich wechselseitig nicht nur Kunde von ihrem Daseyn geben, sondern auch zur chemischen Thätigkeit anregen. Sie lassen sich nicht nach Willkühr in Gefäße einschließen, sie sind daher noch nicht isolirt und im Zustande der Ruhe dargestellt worden, sondern wir kennen sie bloß durch die Sinneneindrücke, die sie im Zustande einer äußerst unbeschränkten Bewegung machen. Auch sind sie zur Erklärung gewisser Erscheinungen nur angenommen worden, ohne daß es noch ausgemacht ist, ob diesen Erscheinungen wirklich eigene, materielle Ursachen zum Grunde liegen, und ob sie nicht vielmehr Erfolge von Modificationen der allgemeinen Eigenschaften der Körper, und besondere Wirkungsarten der wesentlichen Grundkräfte jeder Materie sind. Liegen besondere Stoffe als Ursachen diesen Erscheinungen zum Grunde, so scheinen in ihnen die allgemeinen Grundkräfte der Materie in dem wenigsten gebundenen und wechselseitig beschränkten Zustande zu walten; sie scheinen die ersten Uebergänge der Kräfte zur Materie, oder die Anfänge ihrer Verkörperlichung zu seyn. — In diesem Werke werden die genannten Erscheinungen nach der Vorstellungsart behandelt werden, daß ihnen eigene, materielle Stoffe zum Grunde liegen, ohne ihr jedoch einen höheren Werth als den einer schwankenden Hypothese einzuräumen.

Krystallisation.

99. Wenn die Cohäsions-Kraft ungestört, d. h. ohne merkliches Eingreifen fremder Kräfte wirken kann, so gibt sie den Körpern gewöhnlich eine regelmäßige, d. h. eine solche Gestalt, bey welcher sich der Körper durch irgend einen Schnitt in zwey gleiche und ähnliche Hälften theilen läßt.

100. Die tropfbaren Körper nehmen, ihrer Cohäsions-Kraft allein überlassen, jene runden Kugelgestalten an, die wir Tropfen nennen. Die der Tropfenbildung ungünstigen Umstände sind die eigene Schwere der Flüssigkeit, dann die der Cohäsions-Kraft entgegenwir-

fende Anziehung von andern Körpern. Wegen der Schwere können nur kleine Massen von Flüssigkeiten Tropfen bilden; so wie die Masse größer wird, erscheint der Tropfen plattgedrückt, und endlich ganz flach. Aus derselben Ursache werden hängende Tropfen länglicht gezogen. Die Anziehung der Theile des flüssigen Körpers unter einander, d. h. seine Cohäsions-Kraft, muß immer größer seyn, als die Anziehung des Körpers, auf dem er ruhet, sonst folgt er der letztern und breitet sich auf ihm aus oder zerfließet, so weit er kann, ohne Tropfen zu bilden. Daher bildet Wasser auf fetter Unterlage, z. B. auf gewichstem Boden, so leicht Tropfen, auf weichem Holze schwieriger. Quecksilber zertheilt sich auf Glas in kleine Kügelchen, auf Gold- oder Silberplatten zerfließt es. Auf sehr harten polierten Oberflächen bilden Flüssigkeiten leichter Tropfen, als auf rauhen.

Bey dem Herabfallen durch die Luft bilden sich leicht schöne runde Tropfen, weil die fremde Anziehung am wenigsten ins Spiel kommt. Darauf gründet sich die englische Schrotgießerey, wo das Bley fein zertheilt von hohen Gerüsten oder Thürmen in ein Wasserbehältniß am Boden herabgegossen wird, damit es noch in der Luft erstarre. Wenn mehrere Tropfen sich nahe kommen, so ziehen sie sich wechselseitig an, und fließen in einen größern Tropfen, oder wenigstens in eine größere flüssige Masse zusammen — Die größten und regelmäßigsten Tropfen sind die Planeten; doch sind auch diese keine vollkommenen Kugeln, weil die durch die Achsendrehung erregte Schwungkraft ihre Gestalt dauernd in ein mehr oder weniger abgeplattetes Ellipsoid verwandelt, die von der wandelbaren Entfernung abhängige wechselseitige Anziehung aber auch die letzte Gestalt noch vorübergehend (z. B. durch Ebbe und Fluth) freylich nur sehr unbedeutend modificirt.

101. Mannigfaltiger sind die regelmäßigen Gestalten, welche starre Körper annehmen, wenn ihre Massentheile der Cohäsions-Kraft ungehindert folgen können; man nennt diese regelmäßigen Gestalten Krystalle, und die Bildung derselben Krystallisation. — Damit die Massentheile starrer Körper der Cohäsions-Kraft ungehindert folgen können, müssen sie 1) frey beweglich seyn; 2) nicht von anderen einwirkenden Kräften in ihrer Folgsamkeit gegen die Cohäsions-Kraft gehindert werden. — Zur freyen Beweglichkeit der Aggregat-Theile eines Körpers gehört der flüssige Zustand: kein Körper kann also krystallisirt werden, den man nicht auf irgend eine Weise in den tropfbar- oder elastisch-flüssigen Zustand zu versetzen vermag; auch ist man davon so sehr überzeugt, daß man annimmt,

jeder Körper, der krystallisirt erscheint, müsse einmahl flüssig gewesen seyn, wenn auch bey einigen, z. B. beym Bergkrystalle, die Art, wie er in die flüssige Form versetzt worden ist, nicht nachgewiesen werden kann. Ein starrer Körper wird entweder durch Auflösen in einem flüssigen oder durch Schmelzen mittelst der Wärme flüssig gemacht. Die erste Methode wendet man vorzüglich bey Salzen und ihnen ähnlichen Körpern, die letzte bey Metallen, Schwefel u. dgl. an. Damit aber ein flüssig gemachter Körper krystallisire, muß er wieder starr werden. Dieß geschieht durch Entziehen des Auflösungsmittels, also entweder der auflösenden Flüssigkeit oder der Wärme. Wenn ein Körper bey dem Uebergange aus dem flüssigen Zustande in den starren eine regelmäßige Gestalt annehmen soll, muß dieser Uebergang sehr allmählich und langsam geschehen, weil sonst gleichzeitig zu viele Theile starr werden, wovon einer den andern hindert, dem Zuge der Cohäsions-Kraft frey zu folgen, und welche zusammen als eine größere Masse auch der Einwirkung der Schwere schon mehr unterworfen sind. Die Salze, welche z. B. in Wasser gelöst werden, sind entweder im heißen Wasser reichlicher als im kalten, oder in beyden gleich löslich: die ersten krystallisirt man, wenn man eine gesättigte heiße Lauge langsam erkalten läßt; die zweyten durch langsames Abdampfen mittelst künstlicher Wärme, oder noch besser durch freywilliges Verdunsten an der Luft. Auch kann man Salze durch Zusatz eines Körpers, der ihnen ihr Lösungsmittel entzieht, krystallisiren: so schießt das ammoniakalische schwefelsaure Kupfer (cuprum ammoniacum), so schießen überhaupt alle schwefelsauren Salze in Krystallen an, wenn man ihren wässerigen Lösungen Weingeist zusetzt. Eine aus einer ähnlichen Ursache entstandene Krystallisation sind die Metallbäumchen (Scholz Chemie 2). — Starre Körper, welche durch die Hitze in Dampf verwandelt worden sind, bilden dann an den Oberflächen kalter Körper ein krystallinisches Sublimat: Beyspiele davon liefern uns die Benzoesäure, der Salmiak, das Arsenik, das Jod u. dgl.

Die durch Absetzen eines in einer Flüssigkeit nicht aufgelösten, sondern bloß sehr fein zertheilten starren Körpers entstandene, den Krystallen etwas ähnliche Aggregate heißen Sinter, Tuffs, Stalactiten, Incrustationen; Nahmen, die auch manches Mahl eigentlichen Krystallen gegeben werden, wenn sie, wegen Hindernissen bey ihrer Bildung, die geometrisch begränzte regelmäßige Figur nicht

ganz deutlich, sondern nur in Spuren an sich tragen. Die Mineralogen nennen Fossilien mit einer krystallinischen Textur, an denen sich aber die Form der einzelnen Krystalle, durch derer Anhäufung sie entstanden sind, nicht unterscheiden läßt, Spathe. — Krystall bedeutete ursprünglich Eis; später wurde dieß Wort auch zur Bezeichnung des Bergkrystalls gebraucht, den die Alten für ein bey außerordentlichen Graden von Kälte so fest gefrornes Eis hielten, daß es nun gar nicht mehr aufthaue. Noch später wurde diese Bedeutung auf alle regelmäßig gestalteten, durchsichtigen Naturkörper ausgedehnt. Gegenwärtig sieht man den Krystallen auch die Durchsichtigkeit nach. Krystall wird auch als eine durch Selbstgestaltung zu einem von ebenen Flächen begränzten Körperganzen übergegangene Materie definiret. Einige fordern, daß ein Krystall von ebenen Flächen begränzt sey, wie dieß meistens der Fall ist, Andere wollen auch darauf keine Rücksicht nehmen. — Um Metalle oder Schwefel schön zu krystallisiren, stößt man, so wie die geschmolzene Substanz beym langsamen Erkalten oben eine Kruste bekommt, dieselbe durch, und gießt die noch darunter befindliche flüssige Masse aus: die untere Fläche dieser Kruste zeigt freye Krystalle. Gießt man die untere Flüssigkeit nicht aus, so krystallisirt sie auch, aber die Krystalle legen sich so aneinander, daß man sie gar nicht mehr wahrnehmen kann. Eine solche Krystallisation, so wie überhaupt, wenn man durch Uebereilung der Operation keine großen, freyen, deutlichen Krystalle, sondern nur undeutlich krystallinisch aussehende Massen erhält, nennt man tumultuarisch. — Wenn das flüssige Auflösungsmittel sehr flüchtiger Natur, z. B. Aether, ist, so kann man das Anschießen der Krystalle beym Verdunsten an freyer Luft beynahe durch das Gesicht wahrnehmen. — Der Uebergang des Wassers in Eis ist gleichfalls eine Krystallisation durch Entziehung von Wärme. Die regelmäßigen Gestalten des gefrornen Wassers können wir an den bey heftiger Kälte fallenden kleinen Schneeflocken, dann an den Fensterscheiben im Winter deutlich bemerken. Wenn man zu krystallisirende Lauge auf den Teller der Luftpumpe unter eine Glocke mit sehr verdünnter Luft bringt, so wird das Anschießen der Krystalle sowohl durch das Verdunsten als durch das Erkalten befördert: nur muß das letztere nicht bis zum Gefrieren des ungebundenen Wassers gehen. — Nach Le Blanc erhält man Salzkrystalle von jeder beliebigen Größe, wenn man eine krystallrechte, d. h. gehörig abgedampfte Salzlauge ruhig erkalten läßt, dann den noch flüssigen Antheil von den gebildeten Krystallen in ein Gefäß mit flachem Boden abgießt, worin nach und nach einzelne regelmäßige Krystalle anschießen. Wenn man von diesen die regelmäßigsten wählt, sie auf den flachen Boden eines andern Gefäßes in einiger Entfernung von einander legt, mit der durch Abdunsten und Erkalten neuerdings krystallrecht gewordenen Lauge übergießt,

jeden Krystall des Tags wenigstens Ein Mahl auf eine andere Seite wendet (denn die Seite, auf welcher der Krystall liegt, kann keine Zunahme erlangen), und damit so lange fortfährt, als sich die Lauge noch krystallrecht machen läßt, oder bis die Krystalle die gewünschte Größe haben. Man darf aber ja nicht die Lauge zu lange über den Krystallen stehen lassen, ohne sie wieder zuzurichten; denn sonst soll sie, da durch die Anziehung der schon gebildeten Krystalle ihr Salzgehalt bis unter den Sättigungspunct vermindert worden ist, wieder auflösend wirken, welches man an dem Stumpfwerden der Ecken und Kanten bemerkt. Die unteren Schichten der Lauge sollen immer mehr Salz als die oberen enthalten, daher kann es bey größeren Krystallen geschehen, daß sie aus derselben Lauge unten noch zunehmen, von der sie oben schon wieder aufgelöset werden. — Die Anziehung schon gebildeter Krystalle gegen aufgelöste gleichartige Materien benutzt man auch, um zwey in derselben Flüssigkeit gelöste Salze zu trennen. Wenn man in eine Auflösung von 3 Thln. Glaubersalz und 2 Thln. Salpeter in 5 Thln. lauen Wassers einen oder mehrere Salpeterkrystalle wirft, so schießt beym Erkalten bloß Salpeter an; wirft man Glaubersalzkrystalle hinein, so bringen diese das Glaubersalz zum Krystallisiren. Nicht allein schon gebildete Krystalle, sondern auch andere in die krystallrechte Lauge gebrachte starre oder elastisch-flüssige Körper begünstigen das Anschießen der Krystalle: daher steckt man Stäbe in die Lauge oder hängt Fäden hinein; daher häufen sich die Krystalle an den Wänden und am Boden der Gefäße, oder an der Oberfläche (wegen Berührung mit der Luft) an; daher werden zufällige Unreinigkeiten, z. B. Staub, so leicht zu Kernen von Krystallen. In den Blasensteinen findet man oft solche zufällige Kerne. Aus dieser Ursache mag durch Kochen luftleer gemachtes Wasser später gefrieren, als ungekochtes, und eine in der Siedhitze bereitete Glaubersalzlösung in der Guerike'schen Leere nicht anschießen (Scholz Chemie 2, 22). — Auch andere äußere Einflüsse, als Licht, Elektricität u. dgl. sind im Stande die Krystallisation zu befördern und zu hindern: wenn man etwas Campher oder Phosphor in einem mit schwarzem hin und wieder ausgeschnittenem Papiere bekleideten Glase ans Licht stellt, so zeigen sich nur an jenen Stellen des Glases Krystalle, auf welche durch die Ausschnitte des Papiers das Licht fallen konnte; wenn man eine krystallrechte Salpeterlauge in eine Kammer stellt, worein das Licht nur durch ein kleines Loch in dem Fensterladen fällt, so schießen nur an jener Seite des Gefäßes, wo die Lauge dem einfallenden Lichte ausgesetzt ist, häufige Krystalle an. — Ruhe ist der Bildung sehr regelmäßiger Krystalle günstig; gänzliche Ruhe verzögert aber das Eintreten des Krystallisirens ausnehmend. In verschlossenen Gefäßen krystallisiren Laugen, selbst das Wasser, nicht so leicht als in offenen, welches man dem verhinderten Entweichen des

freygewordenen Wärmestoffes zuschreibt. — Eine besondere Erscheinung beym Krystallisiren ist auch das Efflorresciren oder Auswachsen, wenn sich nähmlich weit über der Oberfläche der krystallisirenden Flüssigkeit an den Wänden, ja an den Rändern des Gefäßes, meistens undeutliche, feder-, blätter- oder röhrenförmige Krystallanflüge zeigen, wodurch öfters, wie durch Haarröhrchen nach und nach die ganze Flüssigkeit in die Höhe, ja über den Rand des Gefäßes weggesaugt wird: das eisenblausaure Natron besitzt diese Eigenschaft im vorzüglich hohen Grade; die Ursache davon mag theils in der starken Adhäsion der Flüssigkeit gegen die Gefäßwände, theils in dem Ansetzen des Dunstes, der immer etwas vom Salze mitführt, an dieselben zu suchen seyn.

102. Die auf trockenem Wege krystallisirten dehnbaren Körper werden spröde, z. B. die Metalle. Andere erhalten dadurch eine außerordentliche Härte, z. B. der Kohlenstoff im Diamante, die Alaunerde im Sapphire u. dgl. Dieselbe Substanz ist im krystallisirten Zustande schwieriger auflöslich, als im nicht krystallisirten: daher müssen Krystalle, um ihre Auflösung zu befördern, gepulvert werden; daher kann man manches Mahl durch Waschen Krystalle von anhängender unkrystallisirter Masse befreyen; auf dem Weißbleche erscheinet nach der Auflösung des unkrystallisirten Ueberzugs mittelst Salpetersäure, das von dieser Säure nicht so leicht angreifbare krystallisirte Zinn, und stellet dann das *moiré métallique* dar. Undurchsichtige Substanzen werden durch Krystallisation durchsichtig, wie z. B. der Kohlenstoff und die Alaunerde; nur der Phosphor verlieret durch Krystallisation seine Durchscheinbarkeit, und das Glas wird dadurch zu undurchsichtigem Reaumur'schen Porzellan. — Die aus tropfbarflüssigen Auflösungsmitteln krystallisirenden Salze nehmen immer eine größere oder geringere Menge Wassers mit in den starren Zustand, welches dann Krystallisations- oder Krystallwasser, auch Krystalleis heißt. Nebst diesem starren, eigentlichen Krystallwasser enthalten größere Krystallmassen gewöhnlich auch noch aufgesaugtes, tropfbares Wasser, oder etwas von der Mutterlauge. Krystalle mit viel Krystallwasser schmelzen beym Erhitzen oder gehen in den Wasserfluß über; da hingegen Salze ohne eigentliches Krystallwasser, welche aber aufgesaugtes Wasser enthalten, beym Erhitzen durch das Verdampfen des letzteren, verknistern. Krystalle mit chemisch gebundenem Wasser verlieren mit diesem auch ihre regelmäßige Gestalt: geschieht dieses schon bey mäßigen Temperaturen, so nennt man es Verwittern. Andere verlieren ihre Krystallform

durch Anziehen von mehr Wasser, als sie binden können, oder sie zerfließen (Scholz Chemie 2, 22).

103. Weil von mehreren in einer Flüssigkeit aufgelösten Salzen nicht alle zu gleicher Zeit, oder unter denselben Umständen, oder in derselben Form anschießen, so ist das Krystallisiren ein sehr gewöhnliches Mittel, verschiedenartige Salze von einander zu trennen: auf solche Art trennt man das Digestivsalz vom Salpeter und vom chlorigsauren Kali, das Glaubersalz vom Salmiake, den Alaun vom Bittersalze und Eisenvitriole u. dgl. m.

104. Die Krystalle wurden sonst nach zufälligen Aehnlichkeiten mit andern Dingen benannt: so hatte man z. B. spahn- oder spathartige, federartige, nadelförmige, baumartige Krystalle u. dgl. Jetzt benennet man sie nach ihrer Aehnlichkeit mit den regelmäßigen geometrischen Körpern: so sagt man, das Kochsalz krystallisire in Würfeln, der Alaun in Octaedern, der Salpeter in 6seitigen Prismen mit 6seitigen oder auch 18seitigen End-Pyramiden; das salpetersaure Natron in Rhomben u. s. w. Nur die aus der Anhäufung dieser einzelnen Krystalle gebildeten Gruppen benennet man nach andern zufälligen Aehnlichkeiten: so heißt es, die Würfel des Kochsalzes häufen sich treppenförmig, die Krystalle des Salmiaks federartig, die des essigsauren Baryts sternförmig an, u. dgl.

105. Wenn man größere, feuerbeständige Krystalle, z. B. Schwerspath, glühend in kaltes Wasser wirft, so zerspringen sie in kleine Krystalle, die dem großen entweder ähnlich sind, oder von seiner Figur abweichen. Dasselbe kann man bey nicht feuerbeständigen Krystallen durch Zerklüftung oder mit dem Messer thun. Man wird nähmlich an jedem einige Stellen finden, wo sich Blätter mit dem Messer viel leichter wegnehmen lassen, und wo die Schnittfläche so glänzend ist, als es der Krystall an seiner Oberfläche war: die Mineralogen nennen dieß den blätterigen Bruch, und die Richtung desselben den Durchgang der Blätter. Wenn man mit dem Wegnehmen der Blätter von allen Seiten, wo es sich thun läßt, eine Weile fortfährt, so erhält man endlich einen Krystall, der oft eine ganz andere (obschon auch immer regelmäßige geometrische) Figur als der größere Krystall, allein bey derselben krystallisirten Substanz stets die nähmliche hat: diese Figur heißt man die Kerngestalt oder die primitive Form des Krystalls; die Gestalt des größeren Krystalls hingegen, aus dem sich auf die genannte Weise der Kern herausschälen

läßt, heißt die **secundäre Form.** Die secundäre Form ist der primitiven ähnlich, wenn die Theilung parallel mit allen Seitenflächen des großen Krystalls geschehen kann; sonst sind die zwey Formen von einander verschieden. So kann man aus der 6seitigen Säule des Kalkspaths einen verschobenen Würfel (Rhomboeder), aus dem Dodekaeder des geschwefelten Eisens gleichfalls einen Würfel (der aber andere Winkel als der Kernwürfel des Kalkspaths hat) herausschälen. Die secundären Krystallgestalten eines und desselben Körpers in chemischer Hinsicht, sind öfters sehr verschieden (so findet man z. B. von dem kohlensauren Kalke mehr als 60 verschiedene Krystallisationen); allein aus allen secundären Krystallformen desselben Körpers läßt sich die nähmliche Kerngestalt, z. B. aus allen 60 Krystallisationen des kohlensauren Kalks ein verschobener Würfel schälen. Aus den Krystallen eines andern Körpers wird man nie gerade dieselbe Kerngestalt bekommen; sollte sie auch wieder ein Rhomboeder seyn, so wird dieses andere Winkel haben. — Man kennt bis jetzt nur 6 Kerngestalten oder primitive Formen, nähmlich: 1) das **reguläre Tetraeder,** oder die dreyseitige Pyramide; 2) das **Parallelepipedum,** eine von 6 Flächen gebildete Gestalt, wovon immer zwey parallel laufen; dieses kann rhomboidalisch, kubisch u. dgl. seyn; 3) das **Octaeder,** einen von 8 dreyeckigen Flächen eingeschlossenen Körper: die Dreyecke sind nach Verschiedenheit der Gattung gleichseitig; gleichschenkelich, oder ungleichseitig; 4) das **reguläre 6seitige Prisma** mit 6 Seiten und zwey Grundflächen; 5) das **Dodekaeder,** dessen 12 Flächen gleiche und ähnliche, verschobene Vierecke, Rhomben, sind, also das Rhomboidaldodekaeder; 6) ein anderes **Dodekaeder,** welches aus 12 gleichschenkelichen Dreyecken, also aus zwey mit den Grundflächen verbundenen 6seitigen Pyramiden besteht. — Manche von diesen Kerngestalten kommen auch unter den secundären Formen vor; z. B. das 6seitige Prisma, eine von den secundären Formen des kohlensauren Kalks, die als Kerngestalt das Rhomboeder hat.

Nach dem Mineral-Systeme von **Hauy** gehöret die primitive Gestalt der Krystalle unter die Hauptunterscheidungszeichen der Fossilien, wie sie denn auch wirklich, dem Obigen zu Folge, bey krystallisirten Körpern unter den äußeren noch das zuverlässigste ist. Schade nur, daß es bloß auf diese beschränkt bleiben muß, indem bey weitem nicht alle Mineralkörper in bemerkbar krystallinischen Formen vorkommen, und die Kunst dieselben, ihrer chemischen Natur unbeschadet, nicht krystallisiren kann. Um die Form der Krystalle genau kennen zu lernen, muß

man ihre Winkel messen, welches bey kleinen Krystallen nicht ohne Schwierigkeiten ist: die zum Messen dieser Winkel erfundenen Instrumente nennet man Goniometer (Gilb. Ann. 66, 325, und 71, 1, 78, 83). Auch dem Chemisten dienen die Krystallformen als Erkennungsmittel der verschiedenen chemischen Substanzen, und zeigen ihm öfters den Weg, den er bey der genaueren Untersuchung zu nehmen hat, oder deuten ihm die Stoffe an, die er in gewissen Zusammensetzungen suchen soll. — Durch die neuesten Untersuchungen von Mitscherlich (in *Annal. de chim. et phys.* 19 und 24, dann in Berzelius Jahresberichten für 1822, 1823 und 1825) hat die Krystallform als äußeres Unterscheidungsmerkmahl der Mineralien und der einfachen sowohl als chemisch zusammengesetzten Körper sehr viel an Zuverlässigkeit verloren. Dieser Chemist ist nähmlich durch seine Versuche auf folgende Resultate gekommen: 1) Körper, die aus ganz verschiedenen Bestandtheilen zusammengesetzt sind, bilden häufig ganz ähnliche und gleiche Krystalle: so krystallisirt die Arsensäure in Verbindung mit den verschiedenen Basen ganz auf die nähmliche Art, wie die Phosphors. in Verbindung mit denselben Basen; so können Kalk, Bittererde, Eisen- und Manganprotoxyd, Zink-, Nickel-, Kobalt- und Kupferoxyd in Verbindung mit demselben stöchiometrischen Verhältnisse von Säuren und von Krystalleis, dieselben Krystallformen darstellen. Solche Körper, welche in den entsprechenden Verbindungen die nähmliche Krystallform hervorrufen, die sich daher in Zusammensetzungen, ohne Veränderung der Krystallform der letzteren, wechselseitig ersetzen können, gehören zu derselben Gruppe, oder sind isomorph: Kalk, Bittererde, Eisen- und Manganprotoxyd, Zink-, Nickel-, Kobalt- und Kupferoxyd sind also isomorphe Basen, und gehören zu Einer Gruppe; Baryt, Strontian und Bleyoxyd sind ebenfalls isomorph, gehören aber zu einer andern Gruppe, indem die gemeinschaftliche Krystallform ihrer entsprechenden Verbindungen von jener der eben genannten 8 Basen abweichet; Eisen- und Manganoxyd nebst Alaunerde gehören als isomorphe Körper wieder zu einer dritten Gruppe. Roose und Bonnsdorf haben diesen Satz bey ihren Untersuchungen der Pyroxene (Gilb. Ann. 72, 51), und der Hornblenden (Amphibole) bestätigt gefunden. 2) Die Krystallform ist mehr von dem Atomenverhältnisse, als von der Qualität der Bestandtheile abhängig; daher bilden isomorphe Basen nur ähnliche Krystalle, wenn sie mit demselben Atomenverhältnisse von Säuren und von Wasser verbunden sind; und die Ursache warum manche Basis in Verbindung mit einer Säure nicht dieselbe Krystallform zeigt, wie die andern isomorphen Basen, liegt häufig darin, daß die genannte Verbindung nicht dasselbe Atomenverhältniß Wassers aufnimmt, welches in die Verbindungen der letzteren eingeht; daher krystallisirt der Manganvitriol anders als der Kupfervitriol, weil jener 4, dieser hingegen 5 Atome

Wasser aufnimmt. 3) Einfache Stoffe sowohl, als zusammengesetzte Körper mit dem nähmlichen Atomenverhältnisse derselben Bestandtheile krystallisiren nicht selten in ganz verschiedenen Formen, die sich nicht als secundäre von Einer Kerngestalt ableiten lassen. Mitscherlich leitet diese Erscheinung von einer verschiedenen relativen Lage der Atome ab (?). Daraus erkläret er die verschiedene Krystallform des (strontianfreyen) Arragonits von jener des gewöhnlichen Kalkspathes, die beyde bloß kohlens. Kalk sind, in derer quantitativen Verhältnisse die chemische Analyse bisher noch keine Verschiedenheit gefunden hat. So läßt sich reiner Schwefel in zwey ganz verschiedenen Formen krystallisiren. Mitscherlich meint, daß durch dieses Gesetz die Gruppenzahl isomorpher Körper sehr vermindert werden wird. 4) Die Form jener Krystalle, welche nicht zu dem regulären Systeme gehören, wird bey Temperaturs-abwechslungen geändert, indem diese Krystalle sich beym Erwärmen nach der Richtung der Diagonale mehr als nach anderen Richtungen ausdehnen, wobey natürlich die Winkel nicht gleich bleiben können (Gilb. Ann. 77, 135). Mitscherlich stellt endlich den allgemeinen Folgesatz auf: Eine gleiche Anzahl von Atomen bringt eine gleiche Krystallform hervor, wenn sie auf die nähmliche Art verbunden sind; und die Krystallform beruhet nicht auf der Natur der Atome, sondern auf ihrer Zahl und Verbindungsweise. Wenn die von Mitscherlich aufgestellten Erfahrungssätze sich in ihrem ganzen Umfange bestätigen, so würde folgen, daß die äußere Form der unorganischen Körper mit ihren chemischen Bestandtheilen nicht in so nothwendigem Zusammenhange steht, wie die Circulations-, Respirations-, Ernährungs- und Fortpflanzungswerkzeuge organischer Wesen mit der ganzen übrigen Organisation derselben, daß also jedes Mineralsystem, welches bloß auf Krystallisation gegründet ist, an Zuverlässigkeit und vorzüglich an practischer Brauchbarkeit sehr verlieren würden, indem es Fossilien vereinigt, welche in ihren chem. Bestandtheilen (welche bey Mineralien von derselben Bedeutung wie die Lebensorgane bey Thieren und Pflanzen erscheinen) sehr verschieden sind, und im Gegentheile Fossilien gleicher chem. Constitution trennet. — Die Steinschneider haben schon lange bemerkt, daß die harten Edelsteine nur nach gewissen Directionen (nach dem Durchgange der Blätter) sich leicht sprengen lassen, und daß sie nur in diesem Falle glatte und ebene Bruchflächen darbiethen; das in jeder andern Richtung das Sprengen äußerst schwierig, beynahe unmöglich, der Bruch aber unregelmäßig und uneben ist. Daher ist es für diese Künstler von der größten Wichtigkeit, den Durchgang der Blätter der zu schneidenden Steine zu kennen; und deßwegen nennen sie auch jene Diamante, die einen sehr unregelmäßigen Durchgang der Blätter haben, widerspänstige Steine (*diamanti di natura*). Dieses ist bey allen krystallisirten Körpern der Fall.

106. Die Kerngestalten lassen sich noch weiter theilen, und zwar entweder parallel mit ihren Flächen, oder auch, wiewohl seltener, nach andern Richtungen, bis endlich das Verschwinden der Theile unter dem menschlichen Auge der ferneren Theilung Gränzen setzt. Diese Massentheile, welche Hauy integrirende Moleküls heißt, sind nur dreyer Formen fähig, und zwar der geometrisch einfachsten: sie stellen nähmlich eine 3seitige Pyramide, Tetraeder, oder ein 3seitiges Prisma, oder ein Parallelepiped dar. So sind die Massentheile des primitiven 6seitigen Prisma, wenn es parallel mit allen seinen Flächen weiter getheilt wird, 3seitige Prismen; des Rhomboidaldodekaeders Tetraeder; des Rhomboeders, z.B. des kohlensauren Kalks, wieder Rhomboeder u.s.w. — Alle 6 Kerngestalten lassen sich durch die verschiedene Art der Verbindung von diesen dreyerley Formen der Massentheile darstellen. Wenn man nun annimmt, daß bey Körpern von derselben chemischen Beschaffenheit die Gestalt der Massentheile und die Art ihrer Verbindung immer die nähmliche sey, so folgt daraus, daß auch die primitive Form ihrer Krystalle immer dieselbe seyn muß.

107. Aus der Kerngestalt und aus den dreyerley gestalteten Massentheilen (welche Andere auf Eine Grundgestalt zurückführen, und theils das Tetraeder, theils das Hexaeder dafür erklären wollen), dann aus der verschiedenen Art ihrer Verbindung, erkläret Hauy sehr anschaulich das Entstehen der secundären Krystallformen. Die Massentheile setzen sich nähmlich schichtenweise (jede Schichte kann man sich wieder aus Reihen von Massentheilen bestehend vorstellen) auf die Flächen der Kerngestalt an, so daß der Krystall beym Vergrößern gleichsam mit krystallinischen Blättchen umhüllt wird. Die aufliegenden Schichten sind aber mit den unteren der Kerngestalt bey weitem nicht immer von gleicher Größe, sondern nehmen stufenweise ab, wie sie sich vom Kerne entfernen. Dieses Abnehmen geschieht dadurch, daß die Schichten entweder gleichlaufend mit den Kanten oder mit den Ecken der Kerngestalt Reihen von Moleküls auslassen. Dieses Wegfallen von Molekülsreihen nennt Hauy die Decrescenz, und nimmt davon 4 Arten an: 1) an den Kanten, also Wegfallen derjenigen Molekülsreihen, die mit den Kanten des Kerns correspondiren; 2) an den Ecken oder Winkeln, also parallel mit der Diagonale der Seitenflächen des ursprünglichen Kerns; 3) Decrescenz, die parallel mit Linien, die schräg zwischen der Diagonale und

den Kanten gezogen sind, nennet er intermediär; 4) da endlich in jeder Schichte nicht bloß eine sondern mehrere Reihen von Molekuls wegfallen können, oder da nicht in jeder Schichte, sondern erst immer nach 2, 3 oder 4 Schichten eine Reihe wegfallen kann, wo dann die aufgeschichteten Blättchen nicht die Dicke Eines, sondern von 2, 3 oder 4 Molekuls haben: so nennt Hauy die letzteren zum Unterschiede von den vorigen gemischte Decrescenz. Er bezeichnet die gemischte Decrescenz durch Brüche, derer Nenner die Dicke der Blättchen, der Zähler die weggefallenen Molekulsreihen anzeigt; z. B. 2/3 zeigt an, daß erst immer nach einer Zunahme von 3 Schichten ein Wegfallen Statt findet, und daß dann immer 2 Molekulsreihen wegfallen. — Aus diesen zahlreichen Modificationen der Decrescenz erklärt Hauy das Entstehen der auch noch so zahlreichen secundären Formen bey derselben Kerngestalt. Aus dem Rhomboeder (der Kerngestalt des kohlensauren Kalkes) lassen sich durch Berechnung 8388604 secundäre Formen ableiten, da man an dem Kalkspathe, der doch die größte Mannigfaltigkeit von secundären Formen zeiget, derer bisher nur 60 kennet.

Wenn man weiter nach den Ursachen der verschiedenen Modificationen der Decrescenz fragt, wodurch aus der Kerngestalt so viele secundäre Formen entstehen: so findet man dieselben: 1) In dem quantitativen Verhältnisse der Bestandtheile des krystallisirenden Körpers: so krystallisiret der gewöhnliche, säuerliche Alaun in Octaedern, mit einer größeren Menge Alaunerde verbunden oder neutralisirt in Würfeln; und so bilden die Mittelverhältnisse (?) zwischen beyden Krystalle, die entweder den Octaedern oder Würfeln mehr ähnlich sind. Ein octaedrischer Alaunkrystall in eine Lauge gebracht, aus der Würfel anschießen, wird darin auch in einen Würfel verwandelt, und so umgekehrt. Ein kleiner Unterschied in dem Verhältnisse der Bestandtheile, welches doch oft sehr schwer genau zu treffen ist, kann also schon von bedeutenden Unterschieden in der secundären Krystallform die Ursache seyn. 2) In der Verschiedenheit des Auflösungsmittels: so krystallisirt Kochsalz aus reinem Wasser in Würfeln, aus Harn in Octaedern; der Salmiak umgekehrt aus reinem Wasser in Octaedern, aus Harn in Würfeln; so schießet der Salpeter in besonders großen Krystallen beym Erkalten seiner Lösung in siedend heißem Kalkwasser an. 3) In der beym Krystallisationsgeschäfte befolgten Methode: so geben manche Salze, z. B. das kleesaure Ammoniak durch langsames Verdunsten in der Luft andere Krystalle, als wenn das Abdampfen durch künstliche Wärme befördert wird. 4) In andern zufälligen Einflüssen, z. B. des Lichts, der Elektricität u dgl. —

Will man endlich den Ursachen nachforschen, warum die Massentheile eines und desselben Körpers sich nur immer nach der nähmlichen Regel verbinden, und dieselben primitiven Formen oder Kerngestalten darstellen sollen: so wird man leider mit Unzufriedenheit gewahr, daß diese Ursachen jenseits des Gebieths menschlicher Forschungen liegen. Jene, welche diese Gränzen unseres Wissens nicht anerkennen wollen, meinen mit der Annahme etwas erklärt zu haben, die Massentheile besitzen Polarität, d. h. entgegengesetzte Puncte, wovon einige, wie die freundschaftlichen Pole eines Magnets, anziehend; andere, wie die feindlichen Magnetpole, abstossend auf einander wirken; die Massentheile können sich also nur mit den freundschaftlichen Polen, folglich immer nur in derselben Richtung mit einander verbinden. Beym Krystallisiren mancher Substanzen bemerkt man durchs Mikroskop solche wechselseitige Anziehungen und Abstoßungen, ehe die Theile sich bleibend verbinden. Auch die deutliche Polarität mancher größerer Krystalle, und zwar genau nach der krystallographischen Achse, z. B. des Turmalins, spricht zu Gunsten dieser Annahme.

Ausführlicheren Unterricht über Krystallographie findet man in Hauy's Abriß der Theorie von der Structur der Krystalle; in Gren's neuem Journal der Physik 2, 418 u. f. Hauy's Anfangsgründe der Physik, übersetzt von Weisse. Leipzig 1804, 8. Hauy's Lehrbuch der Mineralogie, übersetzt von Karsten und Weisse. Mohs Grundriß der Mineralogie, 2 Bde. Wien 1830. Beym mündlichen Unterrichte muß die Krystallographie durch künstliche, zum Zerlegen eingerichtete Krystallformen aus Holz, Gyps oder Metall versinnlichet werden. — Die hier vorgetragene Krystallisationslehre ist zwar zuerst von Hauy in ihrem ganzen Umfange aufgestellt worden, doch war ihm dieses Geschäft durch die Vorarbeiten von Romé de Lisle, Gahn und Bergmann ausnehmend erleichtert.

2. Von der heterogenen Verwandtschaft.

a) Zwischen größeren Massen ohne Veränderung ihrer wechselseitigen Natur.

109. Die wechselseitige Anziehung größerer Massen verschiedenartiger Körper in der Berührung ohne Veränderung ihrer Natur wird (so wie die ähnliche Anziehung gleichartiger Massen §. 38) unter dem Nahmen der Adhäsion oder Flächenanziehung begriffen. Das Product dieser Art von Anziehung ist ein ungleichartiges Ganzes, welches man ein Gemenge heißt, worin man die Gemengtheile gewöhnlich mit den Sinnen unterscheidet, und woraus man diese durch mechanische Mittel wieder trennen kann. Die Adhäsion

scheint zwischen allen Stoffen Statt zu finden, aber in verschiedenem Grade. So adhäriren Gase wechselseitig nach der Meinung Derjenigen, welche darin den Grund der gleichförmigen Verbreitung derselben unter einander finden (§. 90*): die Gasgemenge unterscheiden sich von allen übrigen dadurch, daß die Ungleichartigkeit nicht durch die Sinne erkannt, z. B. keine Trübung wahrgenommen wird. Das Beyspiel eines solchen Gemenges im Großen liefert unsere Atmosphäre. Ferner adhäriren Gase an tropfbare Substanzen: so kann man die dem Quecksilber adhärirende Luft nur durch Kochen davon trennen, welches das Auskochen der Barometer nothwendig macht. Auch an starre Körper adhäriren luftartige: dieses beweiset die zahllose Menge kleiner Gasbläschen, welche an dem Glase hängen bleiben, worin man frisches Brunnenwasser oder noch besser Sauerbrunnen ruhig stehen läßt; die an die Kleider adhärirenden stinkenden Gasarten werden öfters nach längerer Zeit noch durch den Sinn des Geruches wahrgenommen; hierher gehört der Luftgeruch von Brot, Bettzeug, Pelzen, Kleidern ꝛc., welche lange der freyen Luft ausgesetzt waren. Beyspiele der Adhäsion tropfbarer Körper unter einander haben wir an unsern Emulsionen, an der Milch, an sehr gesättigtem aromatischen Wasser: diese Gemenge sind immer trübe. Von der Adhäsion tropfbarer Körper an starre gibt es unzählige Beyspiele: das Benetzen starrer Körper durch tropfbare, das gewöhnliche Schreiben und Mahlen, und das Schwebenbleiben fein vertheilter starrer Körper in tropfbaren von verschiedenem sp. Gewichte geschieht dadurch; das Haufenbilden tropfbarer Körper über den Rand des davon noch nicht gehörig benetzten Gefäßes hinauf ꝛc., ist sowohl ein Beweis der Anziehung der Theile tropfbarer Körper untereinander, als gegen die Wände des Gefäßes ꝛc. Auch starre Körper äußern gegen einander Adhäsion: wer weiß nicht, wie Staub an senkrechten Flächen oder an der nach unten gekehrten Seite horizontaler Tafeln adhärirt; darauf beruhet das Schreiben mit Kreide und Bleystift, das Mahlen mit Pastellfarben, das Halten genau eingeriebener Glasstöpsel u. dgl. m. Zwey Cylinder, einer von Bley, der andere von Zinn, welche mit ihren sehr ebenen, glattgeschabten Grundflächen drehend fest aneinander gedrückt werden, kann man nur mit einiger Gewalt wieder trennen. Die Adhäsion zwischen starren Körpern erreicht den höchsten Grad, wenn der eine vorher in den tropfbaren Zustand versetzt worden ist, weil

er sich dann der Oberfläche des andern am meisten nähern, und ihr die möglichst größte Zahl von Berührungspuncten darbiethen kann: auf diese Art geschieht das Belegen der Spiegel, das Vergolden, Versilbern u. dgl.; so werden zwey Breter durch den Leim, zwey Steine durch den Mörtel, zwey gelöthete Metalle durch ein drittes, das Loth, fest zusammengehalten.

Von dem Grade der Anziehung zwischen starren und tropfbaren Körpern kann man sich überzeugen, wenn man eine Wage so stellt, daß das Ende eines ihrer Arme gerade über ein Gefäß zu stehen kommt. Statt der Wagschale hängt man an diesen Arm Platten, z. B. runde Scheiben von verschiedenen Stoffen, aber gerade von demselben Durchmesser. Jede dieser Scheiben setzt man mit der Wagschale am andern Arme ins Gleichgewicht. Nun läßt man die Wage so weit herab, daß die Platte die Flüssigkeit, womit das Gefäß gefüllt worden ist, berührt, und legt in die jenseitige Wagschale so lange Gewichte, bis die Platte losgerissen wird. Die zugelegten Gewichte zeigen die Stärke, mit der die Platte von der Flüssigkeit festgehalten, d. h. angezogen wird. Durch diesen Versuch wird man finden, daß Platten von gleichem Durchmesser aber von verschiedenen Stoffen von derselben Flüssigkeit, und daß dieselbe Platte von verschiedenen Flüssigkeiten nicht mit gleicher Kraft angezogen wird; ferner daß bey Platten von einerley Stoff aber von verschiedenen Durchmessern die Wirkung der Anziehung mit diesen, also mit der Berührungsfläche, im geraden Verhältnisse stehet.

110. Von der Stärke der Anziehung zwischen einem starren und tropfbaren Körper hängt es ab, ob ersterer von letzterem benetzt, d. h. naß werden kann oder nicht. Zieht der starre Körper die Theile des tropfbaren mehr an, als diese sich unter einander anziehen oder cohäriren, so wird der starre Körper naß; im umgekehrten Falle bleibt er trocken: so wird die Hand, Holz, Glas, Eisen im Wasser naß; aus Quecksilber werden sie trocken gezogen; dagegen hängt sich das letztere wieder an Gold, Bley, Zinn, die davon benetzt werden. Aus derselben Ursache fällt eine kleine Menge Wassers, die aus der Mündung eines gläsernen Gefäßes herausgelassen wird, nicht gleich herab, sondern bleibt z. B. an dem Schnabel so lange hängen, bis durch das Hinzukommen einer neuen Menge sein Gewicht so sehr vermehrt wird, daß dieses die Anziehung des Glases zum Wasser überwindet; daher wird der Tropfen vor dem Fallen immer etwas lang gezogen. Je größer die Anziehung des Gefäßes zur Flüssigkeit, je größer die Cohäsion und je geringer das spec. Gewicht der

letzteren ist, desto größer müssen die Tropfen werden, ehe sie fallen. Daher bildet dieselbe Flüssigkeit kleinere Tropfen, wenn sie warm, als wenn sie kalt ist. Das Tropfenbilden oder Zerfließen von kleinen Mengen flüssiger Körper auf gewissen starren Unterlagen beruht, wie schon oben gesagt wurde, auf demselben Grunde. Die nähmliche Ursache dient auch der Erscheinung zur Erklärung, daß einige Flüssigkeiten in Gefäßen von einer gewissen Materie, z. B. von Glas, eine convexe, andere eine concave Oberfläche haben. Eine convexe Oberfläche bilden solche Flüssigkeiten, die in sehr kleinen Mengen auf dem Stoffe des Gefäßes Tropfen bilden, wo also die Anziehung der Theile des flüssigen unter einander größer ist, als die Anziehung des starren zum flüssigen: deßwegen fließt Quecksilber in gläsernen Gefäßen, so wie alle in irdenen Tiegeln geschmolzene Metalle, mit einer convexen Oberfläche, die gleichsam das durch die Schwere vereitelte Bestreben zur Tropfenbildung anzeigt. Werden die Theile einer tropfbaren Substanz von den Wänden des Gefäßes stärker angezogen als sie sich unter einander anziehen, so steigt die enthaltene Flüssigkeit an den Wänden etwas in die Höhe und bildet also eine concave Oberfläche, wie wir sie am Wasser, Weingeiste u. dgl. in gläsernen Gefäßen bemerken. In einem Gefäße von Wachs, von Kautschuk, oder in einem von innen mit Fett bestrichenen gläsernen Gefäße bildet das Wasser eine convexe, in einem goldenen, zinnernen oder bleyernen Gefäße das Quecksilber eine concave Oberfläche. — Genau derselbe Erfolg wird unter den angegebenen Umständen an der äußeren Oberfläche bemerkt, wenn man Cylinder von den genannten Stoffen in die angeführten Flüssigkeiten eintaucht: um einen gläsernen in Quecksilber gesteckten Stab bildet sich eine Furche, um einen in Wasser getauchten ein Wall.

Einige Flüssigkeiten rinnen, wenn man sie aus einem vollen Gefäße ausgießet, gern an der äußeren Wand des Gefäßes herab, und trennen sich davon erst an dessen Boden. Dieß thun immer nur solche Flüssigkeiten, die vom Gefäße stark angezogen werden. Diese Anziehung hat, da die Flüssigkeit hier über eine schiefe Ebene herabfließt, ohnehin nur die relative Schwere (§. 50) derselben zu überwinden. Kann das Gefäß ganz wagrecht geneigt werden, so hört die schiefe Ebene auf, und die Anziehung müßte also die ganze Schwere der Flüssigkeit überwinden. Kann das Gefäß noch mehr als wagrecht geneigt werden, so müßte die Flüssigkeit über eine schiefe Ebene hinaufsteigen. Daher hat das Herabrinnen der Flüssigkeit an der äußeren Wand des Gefäßes um so weniger

Statt, je mehr dieses geneigt werden kann. Die Schnäbel oder der nach außen gebogene Rand der Gefäße sollen diese Neigung vergrößern helfen. Wasser, Oehl, vorzüglich aber Aether, fließen sehr gerne am Gefäße hinab; Flüssigkeiten, die vom Gefäße nicht stark angezogen werden, thun dieß nicht; so kann man z. B. Quecksilber aus einem ganz vollen gläsernen Cylinder ohne diese Gefahr ausgießen. Wenn der Rand und die äußere Fläche des Gefäßes von der auszugießenden Flüssigkeit schon benetzt sind, lauft sie leichter an der äußern Fläche herab, als wenn diese noch ganz trocken ist. Aus dem oben Angeführten erhellet auch die Unzuverlässigkeit des Messens von Flüssigkeiten nach Tropfen, selbst wenn es aus den besten Tropfgläsern geschieht.

Capillarität.

111. Je kleiner der Durchmesser des Gefäßes ist, wie z. B. in engen gläsernen Röhren, desto deutlicher kann man die concave oder convexe Oberfläche bemerken; weil das Verhältniß der einwirkenden Fläche des Gefäßes gegen die Masse des Flüssigen zunimmt. Wird der Durchmesser der Röhren sehr eng, beträgt er z. B. viel weniger als eine Linie, so heißt man sie Haarröhrchen. Wird ein gläsernes Haarröhrchen in ein Gefäß mit Wasser senkrecht eingetaucht, so findet man das Wasser in dem Röhrchen beträchtlich über die Libelle oder über den Flüssigkeitsspiegel erhoben, und zwar um so mehr, je kleiner der Durchmesser des Röhrchens ist. Wenn man an der äußeren Wand eines solchen Röhrchens einen Tropfen Wasser herablaufen läßt, so wird er mit großer Gewalt und Schnelligkeit in das Röhrchen hinaufgezogen, so bald er an die untere Mündung desselben gekommen ist. Dasselbe findet auch bey Röhrchen aus andern Materien Statt, die vom Wasser benetzt werden: bey Röhrchen aber aus solchen Stoffen, die vom Wasser nicht benetzt werden, erhebt es sich nicht im Geringsten über die Libelle. Wenn man gläserne Röhrchen in Quecksilber taucht, so erhebt das Quecksilber sich nicht allein nicht über die Libelle, sondern bleibt darunter, ja dringt in dasselbe, wenn es sehr enge ist, nicht einmahl ein; in goldenen Haarröhrchen erhebt das Quecksilber sich wieder über die Libelle. Bey Fortsetzung der Versuche findet man, daß sich in Haarröhrchen nur solche Flüssigkeiten über die Libelle erheben, welche die Materie des Haarröhrchens zu benetzen im Stande sind, und zwar um so höher, je kleiner der Durchmesser der Bohrung des letzteren ist. Die Länge des Haarröhrchens hat gar keinen Einfluß auf das Steigen. Aber auch von solchen

Flüssigkeiten, welche die Materie des Haarröhrchens benetzen, erheben sich nicht alle gleich hoch. Die Höhe, bis auf welche sie sich über die Libelle erheben, steht auch mit dem sp. Gewichte der Flüssigkeit nicht im umgekehrten Verhältnisse, wie man vermuthen sollte: wenn z. B. das Terpenthinöhl von 0,860 sp. Gewichte sich in einem Haarröhrchen 1,35 Zoll über die Libelle erhebet; so erhebet sich verdünnte Schwefelsäure von 1,205 sp. Gewichte um 2,70 Zoll. In gläsernen Haarröhrchen (mit denen die meisten Versuche angestellt worden sind, weil sich in ihnen wegen ihrer Durchsichtigkeit die Erscheinungen am besten beobachten lassen) von gleichem Durchmesser, erheben sich jene Flüssigkeiten höher, die auch in andern Versuchen (§. 109*) eine größere Verwandtschaft zum Glase äußern, und zwar um so höher, je mehr diese Verwandtschaft der Cohäsions-Kraft der Theile des flüssigen Körpers unter einander überlegen ist. Man muß also annehmen, daß die Uebermacht der Anziehung von Seite des starren Körpers, aus dem das Haarröhrchen besteht, über die Cohäsions-Kraft der Theile des tropfbaren unter einander, das Steigen des letzteren verursacht. So wie diese Uebermacht der Anziehung in Röhren von größerem Durchmesser die Flüssigkeit nur an den Wänden etwas erhebet und bloß eine concave Oberfläche bewirkt, weil sie der größeren tropfbaren Masse nicht gewachsen ist: so hebet sie die kleine Masse derselben in Haarröhrchen ganz in die Höhe.

Die Capillarität oder die Kraft, welche das Wasser in den Haarröhrchen über die Libelle erhebt, macht es auch zwischen zwey sehr nahe an einander gestellten Glastafeln, und überhaupt in allen sehr engen, von anziehender starrer Materie begränzten Räumen in die Höhe steigen: zwischen zwey unter einem sehr spitzigen Winkel mit einander verbundenen Glastafeln, die gleichsam eine Reihe von immer enger werdenden Haarröhrchen darstellen, bildet das Wasser eine krumme Linie, die man Hyperbel heißt. Weitbrecht hat gefunden, daß die Höhe, zu welcher sich das Wasser in gläsernen Haarröhrchen über die Libelle erhebet, mit dem Durchmesser im umgekehrten Verhältnisse stehet: in einem Haarröhrchen von $1/2$ Linie im Durchmesser erhebet sich das Wasser um 1 Zoll, von $1/4$ Linie im Durchmesser um 2 Zoll, von $1/8$ Linie im Durchmesser um 4 Zoll, von $1/16$ Linie im Durchmesser um 8 Zoll u. s. w. — Durch die Capillarität lassen sich sehr viele in der Natur vorkommende Erscheinungen erklären. Wenn man ein senkrecht hängendes Stück ungeleimtes Papier mit dem untersten Ende in Wasser taucht, wird nach und nach das ganze Stück naß. Die Chemisten bemerken dieses täglich an den Filtern, die bis an den Rand naß werden, wenn nur in ihre

Spitze eine Flüssigkeit gegossen wird; obschon dieß nicht mit allen Flüssigkeiten gleich gut geschieht. Ein Haufen Sand wird bis an die Spitze naß, wenn er nur unten im Wasser steht; eben so ein Stück Zucker, das man auf eine nasse Tasse legt. Daraus läßt sich das Naßwerden der Wände eines auf feuchtem Grunde stehenden Gebäudes bis auf eine bedeutende Höhe, und die Wirkungsweise des zuverlässigsten Mittels dagegen, nähmlich einer ununterbrochenen horizontalen Schichte dünner Bleyplatten durch die ganze Breite und Länge der Mauer etwas über dem Grunde erklären. Nach Perrault steigt Wasser in feinem Sande nicht höher als 18 Zoll, und fließt bey dieser geringen Höhe mittelst einer mit demselben Sande angefüllten Abzugsröhre seitwärts nicht ab. So steigt das Oehl oder das geschmolzene Wachs und Unschlitt im Dochte einer brennenden Lampe oder Kerze. So kann man mittelst eines Dochtes, der mit einem Ende in eine Flüssigkeit, mit dem andern umgebogenen Ende in ein leeres Glas reicht, Wasser, Oehl u. dgl. aus einem Gefäße in das andere filtriren (Scholz Chemie 2, 414). Das Abtrocknen mittelst trockener Tücher oder Schwämme geschieht durch Capillarität. In der Pflanzen-Physiologie sind wir immer noch so weit zurück, daß wir der Behauptung, das Aufsteigen des Saftes in den Gewächsen geschehe durch Capillarität, nichts Entscheidendes entgegen zu stellen wissen; so wenig als wir ihr alle Ansprüche auf Wirksamkeit in dem Lymph-Systeme der Thiere streitig machen können. — Die Kraft, mit welcher elastische Haarröhrchen sich durch die aufgenommene Flüssigkeit ausdehnen, ist öfters erstaunenswerth: die festesten Mühlsteine können gesprengt werden, wenn man Löcher in dieselben haut, diese mit trockenem Holze verkeilt, und dann das Holz wiederhohlt mit Wasser begießt. So kann man ein Faß sprengen, wenn man es mit trockenen Erbsen füllt, und Wasser darauf gießt. Dieß ist die Ursache des Anquellens und Verkürzens der mit Wasser begossenen Stricke, welches bey der Aufrichtung des großen Obelisk vor der Peterskirche zu Rom unter Sixtus V. (§. 37*) so gute Dienste geleistet hat. Einige leiten das Zusammenziehen, also die ganze Kraft der Muskeln aus einer ähnlichen Ursache her. Durch etwas Achtsamkeit auf täglich vorkommende Erscheinungen wird man die Zahl solcher Beyspiele sich schnell vermehren sehen (Kries faßliche Darstellung der Laplace'schen Theorie der Haarröhrchen. Gilb. Ann. der Physik 33. — Erinnerungen aus Lichtenbergs Vorlesungen über Erxleben's Anfangsgründe der Naturlehre. Von Gottlieb Gamauf. Wien 1808, I. 188. f. f.).

112. Durch die Capillarität erleiden die oben angeführten allgemeinen Eigenschaften tropfbarer Körper, nähmlich die beständige Horizontalität ihrer Oberfläche und der gleich hohe Stand in communi-

cirenden Röhren oder die Folgsamkeit gegen die Solicitationen der Schwere überhaupt einige Beschränkung. — So wie die Flächenanziehung in der Capillarität der Schwere tropfbarer Körper entgegen wirkt, so bekämpft sie in ihrer Wirkung auf Gase die Elasticität, und was sich dort durch Erheben über die Libelle zeigte, äußert sich hier durch Verdichten. Wenn poröse, durch Glühen oder durch längeres Verweilen in der Guerike'schen Leere von Luft und Wasser möglichst befreyte Körper, z. B. Kohle, Meerschaum, Holz, Linnen- und Seidenzeug u. dgl. in verschiedene Gasarten gebracht werden, so absorbiren sie davon eine sehr verschiedene Menge: Buchsbaumkohle z. B., welche diese Eigenschaft im vorzüglich hohen Grade besitzet, absorbirt von Ammoniakgas ihr 90faches, von kohlensaurem Gas ihr 35faches, von Sauerstoffgas ihr 9faches, und von Wasserstoffgas nicht einmahl ganz ihr doppeltes Volumen. Wenigstens so oft muß also jede dieser Gasarten durch das Einschlürfen in die Poren der Kohle verdichtet worden seyn. Von einem Gas derselben Art werden gleiche Raumtheile (also sehr ungleiche Gewichtstheile) absorbirt, es mag dem porösen Körper im verdünnten oder verdichteten Zustande dargebothen werden. Bringt man die mit einem Gas geschwängerte Kohle in die Guerike'sche Leere, so läßt sie dasselbe größten Theils fahren; taucht man sie in ein anderes Gas, so gibt sie etwas von der absorbirten Luft ab, und verschlucket dafür das Aequivalent von dem umgebenden Gas. Auch durch Wasser kann ein Theil des absorbirten Gas in Freyheit gesetzet werden. Bey der Absorbtion der Gasarten entstehet Erwärmung im Verhältnisse zur Menge des verschluckten Gas und zur Schnelligkeit der Absorbtion; z. B. bey kohlensaurem Gas um 11° R., bey atmosphärischer Luft um 3° R.; bey Wasserstoffgas ist die freygewordene Wärme ganz unmerklich. Bey dem Entweichen der verdichteten Gasarten in der Guerike'schen Leere fällt die Temperatur um eben so viele Grade, als sie bey der Absorbtion gestiegen war. Die Gase stehen in Hinsicht ihrer Verdichtbarkeit von verschiedenartigen porösen Körpern nicht im demselben Verhältnisse zu einander: so absorbirt Kohle mehr Oxygengas als Stickgas, Meerschaum dagegen mehr Stickgas als Oxygengas. Die Verdichtung elastischer Flüssigkeiten durch poröse Körper hängt also genau von denselben Bedingungen, wie in den Haarröhrchen das Erheben tropfbarer Flüssigkeiten über die Libelle ab, nähmlich: 1) Von der Verwandtschaft des absorbir-

ten Gas zu der Materie des absorbirenden porösen Körpers: zur Kohle hat demnach Sauerstoffgas eine nähere Verwandtschaft als das Stickgas; zum Meerschaume dagegen hat das letztere eine nähere Verwandtschaft als das erstere. 2) Von dem Grade der Elasticität des Gas; denn diese muß, so wie bey tropfbaren Körpern das Gewicht, überwunden werden: daher werden Dämpfe in bey weitem größerer Menge als Lüfte absorbirt. 3) Von der Art und Anzahl der Poren: je feiner die Poren sind, desto mehr sind sie das Gas zu verdichten im Stande: weiche Holzkohlen haben zu große Poren (zu weite Haarröhrchen), darum absorbiren sie viel weniger Gas als harte, z. B. als Buchsbaumkohlen; verkohlter Kork absorbirt gar kein Gas mehr, weil seine Poren schon so weit sind, daß sie aufhören als Haarröhrchen zu wirken; dagegen hat Reißbley zu enge Poren, als daß irgend ein Gas eindringen könnte, daher findet hier aus dieser Ursache keine Absorbtion Statt. Buchsbaumkohle verliert durch Pulvern von ihrem Absorbirungsvermögen, Reißbley dagegen gewinnt etwas dadurch. Aus dieser Ursache werden alle feinen Pulver, wenn sie auch noch so gut getrocknet worden sind, durch Anziehen von Wasserdämpfen aus der Atmosphäre wieder wasserhältig; und ihr ist daher die hygroscopische Eigenschaft vieler Substanzen zuzuschreiben. — Nach der Meinung einiger Naturforscher ist die Absorbtion der Gasarten von tropfbaren Flüssigkeiten, z. B. von Wasser, denselben Gesetzen unterworfen. (S. Th. de Saussure über die Absorbtion der Gasarten durch verschiedene Körper; in Gilb. A. 47, 113. Ueber Verdichtung von Wasserdämpfen durch Körper, die im Wasser unlöslich sind; Jahrb. des polyt. Inst. 9, 273.)

b) Von der heterogenen, die Natur der auf einander wirkenden Stoffe verändernden oder chemischen Verwandtschaft.

113. Die verschiedenartigen Stoffe, welche sich in der Berührung wechselseitig anziehen, lassen es nicht immer dabey bewenden, sich bloß zu nähern und wechselseitig in dieser Nähe fest zu halten, wie wir es bisher gesehen haben; sondern sehr oft geht diese Anziehung so weit, daß die verschiedenartigen Stoffe nicht außer oder neben einander bleiben, sondern sich wechselseitig ganz durchdringen oder im strengsten Sinne vereinigen, daß man so-

wohl mit freyem als bewaffnetem Auge in der Verbindung einen von dem andern gar nicht mehr unterscheiden, und auch durch kein bloß mechanisch wirkendes Mittel trennen kann. Diese so innig verbundenen, auch noch so heterogenen Stoffe stellen dann einen für unsere Sinne ganz gleichartigen Körper dar, auf dessen Eigenschaften sich aus der bekannten Beschaffenheit der sich vereinigenden Körper keineswegs schließen läßt; indem er oft ganz neue zeiget, oft eine oder die andere in einem Grade behält, der sich aus dem Grade, wie sie in den Körpern vor der Verbindung vorhanden war, gar nicht berechnen läßt. — Die Verw. welche solche Verbindungen (Mischungen, Auflösungen) zum Erfolge hat, heißt die chemische Verwandtschaft; weil ihre Wirksamkeit in dem chemischen Theile der Naturwissenschaft die vorherrschende ist; weil vorzüglich durch diese, mittelst Verbindungen sowohl als mittelst Zersetzungen, neue Körper erzeugt, und die Bestandtheile der schon bekannten nachgewiesen werden. Doch nimmt auch die homogene Verw., die Cohäsion, auf dieses Geschäft einen großen Einfluß, indem sie ihre Kraft mit jener der chem. Verwandtschaft entweder zu demselben Zwecke vereinigt, oder der letzteren entgegenwirkt (§. 59).

Wegen der Gleichartigkeit ist eine sowohl tropfbare als elastisch-flüssige (gasige) Verbindung mehrerer Stoffe nie trübe. Das Trübeseyn einer Flüssigkeit, z. B. der Milch, Tinte u. dgl. deutet immer an, daß einer der darin enthaltenen Stoffe nicht chemisch verbunden ist, sondern bloß durch Adhäsion fein vertheilt erhalten wird. — Sehr auffallend ist die Veränderung der Eigenschaften, welche Stoffe durch die chem. Verbindung erleiden, und welche immer um so bedeutender ist, je heterogener die sich verbindenden Stoffe sind. Es erfolgen Veränderungen im Aggregat-Zustande, z. B. Ammoniakgas und salzsaures Gas verbinden sich mit einander zu starrem Salmiak, Kyangas und Chlorgas zu Kyanperchloridkrystallen, öhlbildendes (Wasserstoffpercarbonid-) Gas und Chlorgas zu einer tropfbaren Substanz. Zwey tropfbare Körper, z. B. eine Lauge von salzs. Kalke und von kohlens. Kali, oder Antimonchlorid (Spießglanzbutter) und Wasser können eine starre, oder, wie Salpetersäure und Alkohol eine gasförmige; zwey starre, z. B. Schnee und Kochsalz, eine tropfbare Zusammensetzung bilden. Cadmium ist flüchtig, Schwefel ist flüchtig. Cadmiumsulfurid ist feuerbeständig; Flußsäure ist tropfbar, Kiessäure (Kieselerde) ist starr und gar nicht flüchtig, durch die Verbindung der Flußs. mit der Kiessäure entsteht die permanent elastische kiesflußs. Luft. Farben-, geschmack- und geruchlose Substanzen können durch die wechselseitige Verbindung

die lebhaftesten Farben, einen ätzenden Geschmack, einen reitzenden Geruch erhalten, und so auch umgekehrt. Das Licht verliert durch die chem. Verbindung mit andern wägbaren Stoffen seine leuchtende Kraft, die Wärme ihre Wirkung auf das Gemeingefühl und auf das Thermometer. Mischungen zeigen auch ganz andere Cohäsions- und Verwandtschaftskräfte als ihre Bestandtheile. Keine chem. Verbindung wägbarer Stoffe läßt sich durch irgend eine mechanische Gewalt trennen; nur die Imponderabilien können durch Druck, Stoß, Reibung aus ihren Verbindungen geschieden werden. Chemische Verbindungen starrer Körper mit tropfbaren, wobey jene keine wesentlichen Veränderungen in den Eigenschaften erleiden, sondern nur die Form des letzteren annehmen, nennet man Lösungen, im Gegensatze von Auflösungen, wobey eine wesentliche Veränderung nicht nur in dem Aggregatzustande, sondern in den chem. Eigenschaften geschieht: Kali wird von Wasser und Alkohol gelöset, von Salpeters., Essigs. u. dgl. aufgelöset. Die tropfbaren Verbindungen der Säuren, Alkalien, Salze in Wasser, Alkohol, Aether, sind meistens nur Lösungen. In die Hydrate, krystallisirte Salze u. dgl. ist dagegen das Wasser durch einen Auflösungsprozeß übergegangen.

114. Bey der näheren Behandlung der chemischen V. kömmt es vorzüglich auf die Erörterung der zwey Fragen an: *a*) wie sich verschiedenartige Substanzen zu einem neuen, dem Scheine nach gleichartigen Körper verbinden; und *b*) in welchem Verhältnisse dieß geschehe.

Wie verbinden sich heterogene Stoffe mit einander zu einem neuen, dem Scheine nach gleichartigen Körper?

115. Oben (§. 60) ist gesagt worden, daß zwischen allen ungleichartigen Körpern eine wechselseitige Anziehung Statt findet; daß aber die Stärke oder Intensität dieser Anziehung zwischen den mannigfaltigen Stoffen sehr verschieden ist. Wenn ein Stoff von einem andern stärker angezogen wird als von einem dritten, so sagen wir, die zwey ersten Stoffe sind einander näher verwandt, oder haben eine nähere Verwandtschaft zu einander, als der dritte Stoff zum ersten hat. Da aber alle ungleichartigen Körper zu einander V. haben, so sollten sich auch alle chemisch vereinigen; und doch sehen wir, daß nicht alle heterogenen Stoffe mit einander chem. Verbindungen eingehen; weil sonst schon längst die ganze Erde in einen gleichartigen Klumpen aller ihrer chemisch verbundenen Bestand-

theile verwandelt worden seyn müßte. Die Wirkung jener Anziehung muß also durch andere entgegenwirkende Kräfte vereitelt werden. Um die chem. V. im Streite mit den ihr im Wege stehenden Kräften gehörig betrachten zu können, müssen drey Fälle unterschieden werden: a) Die Körper, die sich verbinden sollen, sind alle isolirt, d. h. in keiner andern Verbindung begriffen. b) Einer von den zu verbindenden Körpern ist schon mit einem andern vereinigt. c) Beyde von den zu vereinigenden Körpern befinden sich schon in anderweitigen Verbindungen. — Die Verwandtschaft, wodurch mehrere Körper mit einander verbunden sind, oder der Trennung widerstehen, heißt die ruhende; jene aber, wodurch Körper ihre alten Verbindungen zu verlassen und neue einzugehen streben, heißt die trennende Verwandtschaft.

Wenn auch die chem. V., welche alles Ungleichartige zu verbinden strebt, in ihrer Wirksamkeit durch die Cohäsions- und Expansiv-Kraft, durch die Schwere und Lebenskraft beschränkt wird; so kann man doch noch fragen, warum jene sich mit diesen nicht schon längst in eine Art festen Gleichgewichtes gesetzt hat, womit jedes Spiel chemischer Verwandtschaften, also das Entstehen neuer Körper durch Verbindungen und Trennungen, folglich alles Leben in der Natur aufgehoben wäre? Zu diesem festen Gleichgewichte kann es nicht kommen, weil die Stärke der chem. V. sowohl als der Cohäsions- und Expansiv-Kraft, und vielleicht auch jene des Lebens, von wandelbaren Einflüssen abhängig ist, die, wie z. B. Licht, Wärme, Elektricität u. v. a. von fremden Himmelskörpern herzuleiten sind, theils aus einer den Naturforschern noch gänzlich unbekannten Quelle entspringen. Daher macht häufig der Tag die Verbindungen und Trennungen der Nacht, der Winter jene des Sommers, der Tod jene des Lebens rückgängig u. dgl. m. So wie also die Himmelskörper durch die Wurfkraft (Centrifugal-Kraft), deren erster Grund in der Physik nicht nachzuweisen ist, verhindert werden, der Anziehung gegen den Centralkörper zu folgen und in eine gemeinschaftliche, ruhende Masse zusammen zu stürzen (§. 40): so verhindert die durch die Imponderabilien verschieden angeregte Cohäsions-, Expansiv- und Lebenskraft, vielleicht auch die durch die Anziehung anderer Himmelskörper modificirte Schwere (Ebbe und Fluth im Meere und in der Atmosphäre), die allgemeine Verbindung alles Ungleichartigen zu einem einzigen, gleichartigen, trägen, todten Klumpen. — Der Ausdruck »trennende Verwandtschaft« schließt einen Widerspruch in sich, da durch V., d. h. durch Anziehung, oder durch das Bestreben sich zu nähern und zu durchdringen, in der unorganischen Natur nie Trennungen bewerkstelligt werden können. Trennungen, welche wir

bey dem Spiele chem. Verwandtschaften entstehen sehen, sind immer Nebenfolgen einer auf einer andern Seite vor sich gehenden chem. Verbindung. Die chem. Analyse setzt also immer die Synthese voraus. Reine Analysen scheinen manchmahl zu erfolgen, wenn die Synthese, welche die Imponderabilien bewirken, nicht bemerkt wird: dieses ist z. B. der Fall bey der Zerlegung des Wassers durch Elektricität, des rothen Quecksilberoxyds durch Wärme, des Goldoxyds durch Licht u. dgl. m. — Unter die fremden, der chem. V. entgegenwirkenden Kräfte gehören die Schwere, die Cohäsions- und Expansiv-Kraft, dann die Lebenskraft.

116. Wenn mehrere isolirte, d. h. in keiner andern Verbindung befindliche Körper sich mit einander vereinigen sollen: so kann nur die Cohäsions- oder Expansiv-Kraft, manchmahl die Schwere, und nur bey lebenden Organismen die Lebenskraft der einzelnen Körper, dieser Verbindung entgegenwirken. Soll also eine Verbindung erfolgen, so müssen diese überwältigt werden, so muß also die chem. V. größer seyn, als die Summe der Cohäsions- oder Expansiv-Kräfte der zu verbindenden Körper; denn nur dann folgen die Körper der größeren Kraft, verbinden sich wechselseitig mit einander, und bilden nach neuen Cohäsions-Gesetzen größere Massen eines neuen Körpers. Ist die chem. V. nicht größer als die Summe der beyden genannten Kräfte, so bleiben die Körper ihren alten, stärker wirkenden Kräften getreu, und es erfolgt keine Verbindung. Wenn sich also zwey Körper chemisch nicht verbinden lassen, wie z. B. fettes Oehl und Wasser, so sagt man zwar, diese Körper haben keine V. zu einander, versteht aber darunter nur, daß die V. derselben gegen einander nicht so groß sey, als z. B. die Cohäsions-Kraft des Wassers und des Oehles zusammen genommen.

Die Schwere verzögert dann die chem. Verbindung, wenn der sp. schwerere Körper sich zu unterst befindet; daher in diesem Falle Umrühren und Schütteln den chemischen Hergang beschleunigen. Bey sehr schwachen Verwandtschaftskräften, wie z. B. zwischen sehr ähnlichen Metallen, als Silber, Gold u. dgl. Statt finden, wirkt die Schwere selbst nach der Verbindung noch der chem. V. entgegen, und bestimmt den sp. schwereren Bestandtheil, sich in größerem Verhältnisse nach unten abzulagern. — Die Lebenskraft modificirt alle Verwandtschaftsäußerungen auf eine eigenthümliche Art (§. 6); daher in lebenden Organismen gewisse Verbindungen nicht erfolgen, die in anorganischen Substanzen, oder in todten organischen Gebilden, unter übrigens gleichen Umständen, vor sich gehen, und so auch umgekehrt. Da-

her erfolgen Gährung und Fäulniß als rein chemische Prozesse erst nach dem Tode organischer Wesen.

117. Nach einem alten Erfahrungssatze können zwey starre Körper sich chemisch nicht verbinden, sondern dazu muß wenigstens Einer flüssig seyn: Corpora non agunt nisi fluida. Da die Cohäsion, wenn auch nicht durchgängig, doch gewöhnlich bey tropfbaren Körpern geringer als bey starren ist, so fällt meistens die Summe der widerstrebenden Cohäsions-Kräfte geringer aus, wenn ein Körper tropfbar ist, und die V. zwischen zwey Körpern scheint nie so stark werden zu können, um ihre Cohäsions-Kräfte zu überwinden, wenn beyde starr sind. Die Beweglichkeit der Theile in flüssigen Körpern scheint die Wirkung der Verwandtschafts-kräfte ebenfalls dadurch zu begünstigen, daß eine größere Annäherung möglich, und die Zahl der Berührungspuncte ausnehmend vermehrt wird. Die Summe der Expansiv-Kräfte von zwey zu verbindenden luftartigen Körpern ist nicht immer so groß, um die chem. Verbindung zu verhindern: so verbindet sich Wasserstoffluft mit Sauerstoffluft, mit Stickluft u. a. m., obschon auch Alles, was ihre Expansiv-Kraft vermindert, die chem. Verbindung befördert.

Einige Fälle, die man gegen die Allgemeinheit dieses Gesetzes anführt, beweisen wohl, daß starre Körper auf einander wirken, aber nicht, daß sie sich als solche mit einander verbinden; z. B. trockener salzsaurer Kalk und trockener Schnee verbinden sich erst dann, wenn der Schnee durch die Einwirkung des salzsauren Kalkes geschmolzen, d. h. tropfbar geworden ist. Nur krystallisirte, d. h. wasserhältige Kleesäure wirkt auf trockenen Kalk, indem hier das Krystalleis der ersteren aus derselben Ursache flüssig wird, wie der Schnee in der Berührung mit salzsaurem Kalke. Bey der Einwirkung des trockenen Kalkes auf trockenen Salmiak bey etwas höherer Temperatur, ist die Neigung des letzteren, den elastisch-flüssigen Zustand anzunehmen, nicht zu übersehen. Die einzige, bisher unerklärte Ausnahme von dieser Regel scheint die Verbindung des ganz unschmelzbaren Kohlenstoffes mit dem, wenigstens im Ofenfeuer, unschmelzbaren Eisen bey der Bereitung des Cementstahles zu seyn.

118. Wenn sich also zwey oder mehrere starre Körper mit einander verbinden sollen, so ist das Erste, was geschehen muß, daß wenigstens Einer davon in den tropfbaren Zustand versetzt werde; manches Mahl ist es auch bey beyden nothwendig. Dieses geschieht entweder durch Verbindung mit einem andern schon tropfbaren Kör-

per (meistens durch Lösen in Wasser), oder durch Erhitzen, also durch Schmelzen: jenes heißt eine **Verbindung** oder **Auflösung auf nassem**, dieses **auf trockenem Wege.**

So kann man ganz trockene Weinsteinsäure mit vollkommen trockenem Kalke zusammenreiben, ohne daß eine Verbindung erfolgt; wird hingegen die Weinsteinsäure in Wasser gelöset, so wirkt sie sehr heftig auf den Kalk. Schwefel und Silber verbinden sich nicht, wenn der erstere nicht vorher geschmolzen wird. — Man setzte ehemahls aus hypothetischen Gründen einen großen Werth auf die Bestimmung, welcher von den beyden sich verbindenden Stoffen das (thätige, aufnehmende) **Auflösungsmittel**, und welcher der (leidende, aufgenommene) **aufgelöste Körper** sey: gegenwärtig, da man weiß, daß bey der chem. Verbindung der eine Körper eben so thätig als der andere ist, hat diese Frage keinen Sinn mehr. Gewöhnlich nennet man jenen Körper das Auflösungsmittel (den aufnehmenden), welchem der durch die Verbindung entstandene neue Körper in seinen Eigenschaften, vorzüglich in seinem Aggregat-Zustande, am ähnlichsten ist. Daher sagen wir, das Silber wird von der Salpetersäure aufgelöset, aber keinesweges, die Salpetersäure wird vom Silber aufgelöset. Umgekehrt hört man sagen, daß die Kohlensäure und das Wasser vom lebendigen Kalke absorbirt werden, wobey man sich den Kalk als das thätige Auflösungsmittel vorstellet.

119. Selbst wenn einer der Körper schon tropfbar ist, kann man doch die Auflösung sehr befördern und beschleunigen, indem man die Cohäsions-Kraft noch weiter schwächt. Daher wird die Verbindung durch feines Zerkleinern oder Pulvern des starren Körpers so ausnehmend begünstiget, indem die Cohäsion zum Theil aufgehoben wird, und die Berührungspuncte vervielfältiget werden. Ein vorzügliches, der Cohäsions-Kraft entgegenwirkendes und die V. zwischen starren und tropfbaren Körpern in eben diesem Grade steigerndes Mittel ist die Erwärmung. Warmes Wasser löset alle Körper schneller, einige, z. B. Salpeter u. v. a., auch in größerer Menge, als kaltes Wasser. Bey der chem. Einwirkung gasartiger Körper findet meistens das Gegentheil Statt; denn hier befördert Alles die Verbindung, was die Expansiv-Kraft schwächt, welche aber durch Erwärmung gerade vermehrt wird: kohlensaures Gas verbindet sich leichter mit kaltem als mit warmem Wasser. Wenn sich gasförmige Körper mit starren verbinden sollen, muß ein Grad von Erwärmung angewendet werden, der die Cohäsions-Kraft der starren Körper in einem größeren Verhältnisse schwächt, als er die Expansiv-Kraft der gasförmigen

vermehrt; dieser Grad von Hitze läßt sich aber nur durch die Erfahrung finden: so verbindet sich bey mäßiger Erhitzung der Braunstein mit einer größeren Menge Sauerstoff aus der Atmosphäre, läßt aber bey heftigen Feuersgraden wieder einen Theil davon fahren. Dasselbe hat auch zwischen einigen tropfbaren, mit einer großen Cohäsions-Kraft begabten und zwischen gasförmigen Körpern Statt: bis nahe zum Siedepuncte erhitztes Quecksilber wird durch Anziehen von Sauerstoff aus der Atmosphäre in ein rothes Oxyd verwandelt; erhitzt man dieses aber dann weiter bis zum Glühen, so geht der Sauerstoff wieder in gasförmiger Gestalt davon. Die Verbindung wägbarer Stoffe mit ätherischen hängt auch von der Intensität, d. h. von dem Grade der Verdichtung ab, in welchem die letzteren auf die ersteren wirken.

Wie sehr die Wirkungen der Verwandtschaftskraft von ihrem Verhältnisse zur Cohäsions- und Expansiv-Kraft abhängig sind, wird durch mehrere auffallende Thatsachen erwiesen. Frisch gefällte, breyartige Thonerde löset sich sehr leicht in Schwefelsäure auf; wird dieselbe Thonerde getrocknet der Einwirkung der Schwefelsäure unterworfen, so geschieht die Auflösung schon viel langsamer; bey heftiger Glühhitze erhärteter Thon widersteht der Schwefelsäure so stark, daß diese, wie bekannt, in Gefäßen aus Steingut oder Porzellan gekocht werden kann, ohne daß letztere im geringsten angegriffen werden; zerschlägt man aber diese Gefäße und pulvert sie fein, so wird die Thonerde wieder von der siedenden Schwefelsäure aufgelöset. Doch wirkt die Wärme nicht bloß durch Schwächung der Cohäsions-Kraft der zu verbindenden verschiedenartigen Körper, sondern auch durch Steigerung ihrer wechselseitigen Anziehung, also ihrer chem. V., wie später erhellen wird. Dieselbe Erscheinung tritt ein, wenn die Cohäsions-Kraft durch andere Mittel, z. B. durch Krystallisation (§. 102) sehr erhöhet worden ist: der Saphir, welcher fast reine, auf einem unbekannten Wege krystallisirte Thonerde ist, wird von den stärksten Säuren nicht angegriffen: die gewöhnliche Kohle verbrennet, d. h. verbindet sich mit dem Sauerstoffe sehr schnell; der krystallisirte Kohlenstoff, der Diamant, nur bey der Weißglühhitze äußerst langsam. — Die chem. Verbindung der Körper ist immer von einer Temperaturveränderung begleitet; meistens mit Erhöhung, seltener mit Erniedrigung der Temperatur. Auch Lichtentwicklung findet bey vielen chem. Prozessen Statt.

120. Wenn ein Körper A, welcher dem Körper C zur Verbindung dargebothen wird, sich selbst schon mit dem Körper B verbunden findet: so hat die V. zwischen A und C nicht bloß die Cohäsions-

Kraft von dem Körper AB und von dem Körper C, sondern auch die Verwandtschaftskraft des Körpers A zum Körper B zu überwinden. Der Körper A wird hier von zwey andern angezogen, nähmlich von B, mit dem er schon verbunden ist, und von C der Voraussezzung gemäß. Nun nehmen Einige mit Bergmann an, diese zwey Anziehungen wirken wie gerade entgegengesetzte Kräfte (§. 23); die stärkere überwältige die schwächere ganz, und wirke dann allein mit ihrem Ueberschuße an Kraft: die V. des A zu B wird, nach dieser Meinung, von der stärker wirkenden V. des C zu A völlig aufgehoben, und der Körper A verbindet sich also ganz mit dem Körper C, wenn dieser in gehöriger Menge vorhanden ist, mit einer Kraft, die der Differenz der Anziehung von B und C zu A gleich ist. Andere behaupten hingegen mit Berthollet, die Anziehungen von B und C zu A wirken wie zwey Kräfte unter einem Winkel (§. 23), der Körper A müsse also jeder von den zwey Anziehungen so viel möglich folgen (in der Mechanik beschreibt dann der Körper die Diagonale); welches nur dann geschieht, wenn sich der Körper A zwischen die Körper B und C im Verhältnisse der Ziehkraft eines jeden vertheilet. Die Stärke der Anziehung richte sich aber nach dem ursprünglichen, bey verschiedenen Stoffen sehr ungleichen Grade der V., d. h. nach der Verwandtschafts-Intensität, Verwandtschaftsstufe, und nach der Menge der verwandten Theile, d. h. nach der Masse. Das Product des Verwandtschaftsgrades eines Körpers in seine mechanische Masse, d. h. in seine Gewichtseinheiten, heißt das chemische Moment oder die chemische Masse desselben.

Wenn also von C und B gleiche Gewichte auf den Körper A einwirken, so soll sich dieser nach dem Verhältnisse des Verwandtschaftsgrades unter C und B vertheilen: ist der Grad der V. zwischen C und A noch ein Mahl so groß, als zwischen B und A, so soll sich von dem Körper A noch ein Mahl so viel mit C verbinden, als mit B verbunden bleibt. Bey gleichen Verwandtschaftsgraden (angenommen es gebe derer) vertheilt sich A zwischen B und C nach ihrem Gewichte: wenn also das Gewicht des zugesetzten Körpers C jenes des schon mit A verbundenen Körpers B drey Mahl übertrifft, so wird auch die Menge des Körpers A, die sich mit C verbindet, jene die mit B verbunden bleibt, drey Mahl übertreffen. Sind die Verwandtschaftsgrade und die Gewichte ungleich, so vertheilt sich der Körper A zwischen B und C nach dem Verhältnisse der Producte aus der Menge eines jeden Körpers in seinen Verwandtschaftsgrad, wenn man beyde mit Zahlen ausdruckt. Wenn C zu A eine noch ein Mahl so große V. hat als B zu A, so kann man

den Verwandtschaftsgrad zwischen C und A mit 2, jenen zwischen B und A mit 1 ausdrucken. Gesetzt nun, von B seyen nur 5 Gran mit 25 Gran von A verbunden, von C aber werden 10 Gran zugesetzt: so ist das Product aus dem Verwandtschaftsgrade und dem Gewichte von B 1 × 5 = 5, und dasselbe Product von C 2 × 10 = 20. Es sollen sich also 20 Gran von A mit C verbinden, und nur 5 Gran mit B verbunden bleiben; oder C wird sich von A vier Mahl so viel zueignen, als B für sich zu behaupten im Stande ist. Der Fall, wenn jeder der zwey Körper, die sich mit einander verbinden sollen, schon in einer andern Verbindung begriffen ist, wird bald näher erörtert werden. — Aus der letztern Annahme folgt, daß durch die bloße auch noch so große V. eines dritten, zugesetzten Körpers, die schon bestehende Verbindung zweyer Körper nie ganz aufgehoben werde, und daß ein Körper das durch sein Gewicht ersetzen kann, was ihm an Verwandtschaftsstärke abgeht; daß ferner eine kleinere Menge des Körpers B von einer größeren Menge des Körpers A viel fester, als diese von jener gehalten wird. Wenn also, z. B. phosphorsaurem Kalke Schwefelsäure, die zum Kalke eine viel größere V. als die Phosphorsäure hat, zugesetzt wird; so verbindet sich zwar ein Theil des Kalkes mit der Schwefelsäure, allein ein Theil desselben bleibt auch immer mit der Phosphorsäure verbunden. Setzt man dem schwefelsauren Kalke im Gegentheil eine hinlänglich große Menge Phosphorsäure zu; so wird diese, ungeachtet ihrer viel geringeren Verwandtschaft, der Schwefelsäure eine beträchtliche Portion des Kalkes entziehen. So zersetzt die Phosphorsäure das salzsaure Bley, und die Salzsäure wieder das phosphorsaure Bley u. dgl. m. Wenn Schwefelsäure mit viel Wasser verdünnt ist, so lassen sich die ersten Portionen desselben durch Destillation leicht abscheiden; dieses Abscheiden wird aber immer schwieriger, je geringer das Verhältniß des Wassers zur Schwefelsäure wird, und die letzten, kleinsten Mengen des Wassers werden endlich von der größeren Menge Schwefelsäure so fest gehalten, daß sie sich durch Destillation gar nicht mehr trennen lassen. Dasselbe erfolgt bey dem Trennen der Verbindungen von Alkohol und Wasser; denn wer kennt nicht die Schwierigkeit, jenem die letzten Portionen des Wassers zu entziehen und absoluten Alkohol darzustellen? Die chemische Masse unterscheidet sich von dem Verwandtschaftsgrade eben so, wie das Gewicht von der Schwere (§. 45): so wie alle Körper gleich schwer sind, das Gewicht aber mit der Menge dieser gleich schweren Theile vermehrt wird; so kann bey gleichem Verwandtschaftsgrade die chemische Masse, von welcher eigentlich die Wirkung der V. abhängt, durch Vermehrung der gleichverwandten Theile verstärkt werden. Wenn also b von 1 a mit einer Kraft = 1 angezogen wird, so muß es von 2 a mit einer Kraft von = 2 angezogen werden. — Da durch die bloße chemische V. zwey verbundene Körper nie ganz getrennt werden können,

so entsteht die Frage: wodurch wohl die vollständigen Trennungen hervorgebracht werden, die wir doch in der Natur so häufig erfolgen sehen? So wird die Schwefelsäure aus ihrer Verbindung mit Kali oder Natron durch Baryt; so das Silberoxyd aus der Verbindung mit Salpeters. durch Salzsäure; so die Kohlens. aus dem Kalke mittelst Schwefelsäure ganz abgeschieden. Die Ursache dieser vollständigen Trennungen ist niemahls die chemische V. allein; sondern sie werden nur mit Beyhülfe anderer Kräfte, und zwar der Cohäsions- und Expansiv-Kraft, bewirkt. Wenn zu einer Lauge von schwefelsaurem Kali oder Natron eine Lösung von Baryt gesetzt wird, so bildet der Baryt mit der Schwefelsäure, zu der er über dieß eine sehr große V. hat, einen Körper, der eine starke Cohäsion besitzet; die Massentheile des neu gebildeten Körpers verbinden sich also vermög dieser Cohäsions-Kraft, und werden dadurch dem Kali oder Natron ganz entzogen. Wenn man Schwefelsäure auf kohlensauren Kalk gießet, so verbindet sie sich Anfangs mit einer Portion des Kalkes; durch die Entziehung dieser Portion wird die chemische Masse, mit welcher der Kalk auf die Kohlensäure wirkt und ihre Expansiv-Kraft überwältigt, geringer; dadurch gewinnt die Expansiv-Kraft wieder das Uebergewicht; die Kohlensäure folgt der stärkeren Kraft und entweicht als Gas. Wo also gasförmige, dann mehr oder weniger unlösliche Körper mit ins Spiel kommen, leidet das Gesetz, daß die Verwandtschaftserfolge von der Masse abhängig sind, eine Ausnahme: der gasförmige Körper entweicht, der unlösliche fällt zu Boden, und kann dann nicht mehr durch seine Masse wirken.

Bergmann'sche Verwandtschaftslehre.

121. **Bergmann** erkläret die chemische V. für eine absolute, von der allgemeinen Anziehung unabhängige Kraft, die zwischen den kleinsten Theilen zwar aller ungleichartigen Körper, aber nicht im gleichen Grade, Statt findet. Eine vorhandene nähere V. hebet die gleichzeitige Wirkung einer entfernteren ganz auf. Wenn also die Körper A, B und C zugleich in ihre wechselseitige Wirkungssphäre kommen, der Körper A zwar mit C verwandt, die V. zwischen A und B aber näher, d. h. stärker, ist; so verbindet sich der Körper A mit B, und C bleibt außer aller Verbindung, wenn er nicht zufällig mit dem neu entstandenen Körper AB auch eine V. hat, wo dann eine dreyfache Verbindung, oder der Körper ABC entstehet. — Nach besonderen, bey der wechselseitigen Einwirkung der ungleichartigen Stoffe eintretenden Umständen, und nach den verschiedenen Verhältnissen, in welchen sich die zu verbindenden Körper vor ihrer Verbin-

tung befinden, werden nach Bergmann's Verwandtschafts-Systeme 4 Fälle als Verwandtschaftsarten mit besonderen Nahmen aufgeführt.

122. 1) Die Verwandtschaft der Zusammensetzung oder die mischende Verwandtschaft (Affinitas mixtionis), wenn zwey oder mehrere ungleichartige Stoffe sich in solchen Verhältnissen befinden, daß sie sich mit einander vereinigen können, ohne eine frühere Verbindung zu verlassen. Zu dieser V., bey welcher nur Verbindungen, aber keine Trennungen erfolgen dürfen, reichen also zwey verschiedenartige Körper hin, obschon dabey auch mehrere wirksam seyn können. Beyspiele von dieser V. geben die Lösung von Salz, oder Zucker, oder Schwefelsäure in Wasser, von Harz in Alkohol, die Auflösung von Alaunerde in Schwefelsäure, die Verbindungen mehrerer Metalle (Metallegirungen) u. dgl. m.

Die sogenannte aneignende V. (affin. appropriata), wenn ein Stoff A (Oehl), mit dem Stoffe C (Wasser) sich nicht verbinden läßt, durch die Verbindung mit dem Stoffe B (Laugensalz, als Seife) darin auflöslich wird; dann die vorbereitende V. (aff. praeparans s. praeparata), wenn ein Stoff A (Silber), der mit C (Salzsäure) keine V. hat, durch eine vorhergehende Verbindung mit B (Salpetersäure) eine so nahe V. bekömmt, daß er B verläßt, um sich mit C (zu Hornsilber) zu verbinden; endlich die neu erzeugte V. (aff. producta), wenn ein Körper A (Gold) weder eine V. zu B (Laugensalz) noch zu C (Schwefel) äußert, sich aber mit dem Körper B C (Schwefelleber) verbindet u. a. m., müssen theils zu dieser, theils zur folgenden Verwandtschafts-Varietät gerechnet werden, wenn man nur nie aus dem Gesichte verliert, daß ein zusammengesetzter Körper ganz andere Eigenschaften haben, und daher auch ganz andere Verwandtschaftskräfte äußern kann, als man aus seinen Eigenschaften und Verwandtschaftsgraden vor der Verbindung zu vermuthen berechtigt ist (§. 113*). Das Oehl ist im Wasser nicht auflöslich, aber die Seife ist es. Durch die Einwirkung der Salpetersäure verbindet sich das Silber mit Sauerstoffe, und Silberoxyd hat zur Salzs. eine nähere V. als zur Salpetersäure. Schwefelleber ist ein ganz anderer Körper als das Laugensalz und der Schwefel, sie kann also das Gold auflösen, obschon diese es nicht vermögen. — Derselbe Grund reicht auch hin zu erklären, warum eine bestimmte Menge Wassers, worin ein Salz gelöset ist, von einem andern Salze manches Mahl mehr zu lösen vermag, als dieselbe Menge reinen Wassers: so nimmt, nach Vauquelin, eine gesättigte Lösung von schwefelsaurem Kali, Kalk oder von Alaun eine größere Menge Kochsalz auf, als dasselbe Gewicht reinen Wassers davon aufzunehmen vermag: eine Salzlauge ist ein anderer Körper als reines Wasser, und kann also

in einigen Fällen eine größere, in andern eine geringere auflösende Kraft gegen andere Salze besitzen, als reines Wasser (Scholz Chemie 2, 19).

123. 2) Die einfache Wahlverwandtschaft (aff. electiva simplex) tritt dann ein, wenn auf zwey chemisch verbundene Stoffe AB ein dritter C einwirkt, der zu einem von beyden, z. B. zu A eine nähere V. hat, als die zwey schon verbundenen Stoffe zu einander haben. Der Erfolg dieser V. ist, daß der zu C näher verwandte Stoff A den entfernter verwandten B verläßt, um sich mit C zu verbinden. Weil der Körper A nun gleichsam zwischen B und C sich den letzteren zur Verbindung auswählet, so hat der ganze Vorgang den Nahmen von Wahlverwandtschaft erhalten. Bey dieser V. müssen wenigstens drey Stoffe thätig seyn; zwey schon vereinigte, und ein dritter neu hinzu gekommener, auf Einen der vereinigten Körper einwirkender. Hier geschieht nicht nur eine neue Verbindung, sondern auch eine Trennung der alten. Der weniger verwandte Körper tritt entweder ganz außer Verbindung, oder verbindet sich mit dem neu erzeugten Körper als dritter Bestandtheil, ein Fall, der aber dann nicht mehr hierher, sondern zur ersten Verwandtschafts-Varietät, zur V. der Zusammensetzung gehöret.

Beyspiele dieser V. liefern: Die Fällung des Harzes aus seiner Verbindung mit Alkohol durch zugesetztes Wasser; die Zerlegung des Alauns durch Ammoniak, der Seife durch Schwefels., der Kreide durch Salzs. u. dergl. m. Nicht selten ist der zersetzende Körper ein ätherischer Stoff: so wird Goldoxyd zerlegt, indem sich der Wärmestoff mit dem Oxygen verbindet, und als Sauerstoffgas davongehet: darauf beruhet die Scheidung eines Salzes aus einer Lauge durch Abdampfen, und so lassen sich die meisten Zerlegungen erklären, die wir durch Licht und Elektricität erfolgen sehen. Manchmahl verbindet sich C mit A und mit B, z. B. bey der Zerlegung des Wassers durch Kohle, wo sich die letztere sowohl mit dem Sauerstoffe als mit dem Wasserstoffe des ersteren zu Kohlenoxyd- und zu Kohlenwasserstoffgas verbindet.

124. 3) Die zusammengesetzte Wahlverwandtschaft (aff. electiva multiplex) kann nur dann Statt Statt haben, wenn zwey Körper in die Sphäre ihrer wechselseitigen, chem. Wirksamkeit kommen, wovon jeder wenigstens zwey Bestandtheile hat. Der eine Körper bestehe aus AB, der zweyte aus CD. Da A mit B, und da C mit D vereinigt ist, so muß A mit B, und C mit D verwandt seyn. Diese zwey Verwandtschaften heißen die ruhenden, und die Stärke beyder zusammen genommen, die Summe der ruhenden Ver-

wandtschaften. Da alle Körper mit einander verwandt sind, so hat auch A zu C und B zu D V.; diese zwey Verwandtschaften heißen die trennenden, und beyde zusammen genommen die Summe der trennenden Verwandtschaften. Es kommt nun darauf an, ob die Summe der trennenden Verwandtschaften größer oder kleiner als die Summe der ruhenden ist. Im letzteren Falle bleibt Alles beym Alten. Ist aber die Summe der trennenden Verwandtschafschaften größer, so fragt es sich wieder, ob der Ueberschuß zureicht, die Cohäsions- oder Expansiv-Kräfte der Körper AB und CD zu überwinden. Vermögen die trennenden Verwandtschaften mit ihrem Ueberschuße auch dieß, so folgen die Körper der stärkeren Kraft, A verbindet sich mit C zu einem neuen Körper AC, und B mit D zu BD. — Zu dieser V. gehören nothwendig wenigstens 4 Stoffe, wovon immer zwey und zwey zu Einem Körper verbunden sind. Immer geschehen zwey Trennungen, und meistens, aber nicht immer, zwey neue Verbindungen. Man unterscheidet daher auch die nothwendige von der zufälligen mehrfachen Wahlverwandtschaft. Bey der ersten ist die Summe der trennenden Verwandtschaften nothwendig, um die alten Verbindungen aufzuheben; bey der letzteren ist Eine der trennenden Verwandtschaften der Summe der ruhenden schon so überlegen, daß sie allein die alten Verbindungen aufzuheben und neue hervorzubringen im Stande ist; wo also die zweyte trennende V. nur unnöthiger Weise mithilft, oder sich fast ganz unthätig verhält. Im letzteren Falle entsteht dann manches Mahl nur Eine neue Verbindung.

Beyspiele von nothwendiger, mehrfacher Wahlverwandtschaft: aus kohlensaurem Kali und schwefelsaurem Baryt entsteht dadurch schwefelsaures Kali und kohlensaurer Baryt; obschon weder das Kali noch die Kohlensäure für sich allein den schwefelsauren Baryt zu zerlegen vermögen. — Beyspiele von zufälliger, mehrfacher Wahlverwandtschaft mit zwey neuen Verbindungen: salpetersaurer Baryt und schwefelsaures Kali, wo die V. des Baryts zur Schwefelsäure allein schon die der Salpetersäure zum Baryt und die der Schwefelsäure zum Kali zusammen genommen übertrifft. Die zwey neu entstandenen Körper sind Schwerspath und Salpeter. Ein Beyspiel von zufälliger mehrfacher Wahlverwandtschaft mit Einer Verbindung liefert uns die Zerlegung der schwefelsauren Alaunerde durch kohlensaures Ammoniak, wobey sich das Ammoniak, welches schon allein die schwefelsaure Alaunerde zerlegt hätte, mit der Schwefelsäure verbindet, die Kohlensäure aber, statt sich

mit der Alaunerde zu verbinden, entweicht. Der Fall, wenn sich die zwey zusammengesetzten Körper AB und CD mit einander als solche, ohne vorhergegangene Zerlegung verbinden, gehöret zur V. der Zusammensetzung.

125. 4) Die neu erzeugende oder die disponirende Verwandtschaft (aff. producens, *affinité disposante*) hat dann Statt, wenn zwey Körper A und B, die keine zur Verbindung hinreichende V. besitzen, sich doch mit einander vereinigen, so bald ein dritter Körper C in ihre Wirkungssphäre kommt, der auch weder zu A noch zu B, wohl aber zu dem Compositum aus beyden, also zu AB eine große V. hat. Der Körper C disponirt also hier die Körper A und B sich (gleichsam gegen ihre Neigung) zu verbinden, damit er selbst sich mit dem neu entstandenen Producte vereinigen könne.

Der in der Atmosphäre vorhandene Sauerstoff und Stickstoff haben keine so große V., daß sie sich unter den gewöhnlichen Umständen mit einander zur Salpetersäure verbinden; wirkt aber ein Alkali, welches auch weder zum Sauerstoff noch zum Stickstoff, wohl aber zur Salpetersäure eine große V. hat, auf diese zwey gasförmigen Stoffe, so bewirkt sie, daß sich der Sauerstoff mit dem Stickstoff zu Salpetersäure verbindet, die sich dann das Alkali zueignet. Durch diese V. geschieht die Zerlegung des Wassers in verdünnter Schwefelsäure durch Eisen, die Bildung des Vitrioläthers, die Zerlegung vieler thierischen und vegetabilischen Substanzen durch concentrirte Schwefelsäure u. dgl. m. — Das Paradoxe der disponirenden V. verschwindet für Denjenigen, der weiß, daß die Eigenschaften des durch die chem. Verbindung erst zu erzeugenden Körpers, sehr häufig auf die Verwandtschaftserfolge einen sehr großen Einfluß haben, daß sich z. B. unten gewissen Umständen leichter schwerlösliche, unter andern lieber leichtlösliche Verbindungen bilden. Unter den Verhältnissen, wo die disponirende V. thätig ist, geschieht nichts weiter, als daß die große V., welche die chem. Zusammensetzung zweyer Stoffe zu einem dritten vorhandenen Körper hat, die Verbindung jener zwey Stoffe befördert.

Berthollet'sche Verwandtschaftslehre.

126. Berthollet erkläret die chemische V. für keine absolute, sondern für eine von der allgemeinen Anziehung abgeleitete Kraft, die in allen Körpern vorhanden ist; daher auch alle Körper ein Bestreben, sich zu einem gleichartigen Ganzen zu verbinden besitzen. Diesem Streben aller verschiedenartigen Materien zu einer allgemeinen Verbindung wirken aber (eben so wie der allgemeinen Gravitation

der Himmelskörper ihre Schwungkräfte) andere Kräfte entgegen. Wo also bey der Berührung ungleichartiger Substanzen keine Verbindung erfolgt, dürfe man nicht auf gänzlichen Mangel oder auf Schwäche der V., sondern nur auf vorhandene Hindernisse schließen. Es gebe gar keine Wahlverwandtschaft, obschon die V. zwischen verschiedenen Körpern eine verschiedene Stärke oder Intensität besitzen könne. In ihren Wirkungen sey die V. nicht nur von dieser ursprünglichen Intensität, sondern auch von der mechanischen Masse, d. h. von dem Gewichte der einwirkenden Stoffe abhängig. Das Product aus der mechanischen Masse in die Verwandtschaftsstärke nennt Berthollet die chemische Masse, besser das chemische Moment (§. 120). Er nimmt ferner an, daß alle Verbindungen nur im Verhältnisse zu dieser chemischen Masse erfolgen. Wenn also dem Körper A die zwey mit ihm verwandten Körper B und C zugesetzet werden, so vertheile sich A unter B und C im Verhältnisse ihrer chemischen Masse (§. 120). Die chemische V. allein bewirke bloß Verbindungen, nie Trennungen; wenn man diese daher erfolgen sehe, so seyen sie immer Erfolge der Einwirkung anderer Kräfte, z. B. der Cohäsions- und Expansiv-Kraft.

Aus diesen Grundsätzen entwickelt Berthollet folgende Lehrsätze seines Verwandtschafts-Systems:

1) Alle verschiedenartigen Körper sind mit einander verwandt, und können sich also unter den gehörigen Bedingungen (z. B. des flüssigen Zustandes) in allen quantitativen Verhältnissen zu einem neuen Ganzen vereinigen. Wo keine Verbindung erfolgt, sind entgegenwirkende, fremde Kräfte als hindernde Ursachen da; und wo Verbindungen nur in bestimmten Verhältnissen geschehen, werden der V. auch durch dieselben hindernden Ursachen Gränzen gesetzt. Ohne diese Hindernisse muß sich also der Körper A mit jedem andern Körper verbinden, und 1 A verbindet sich so gut mit 100 B, als 1 B mit 100 A.

Den Zustand der scheinbaren Ruhe, welcher eintritt, wenn die Verbindungen zweyer Stoffe wirklich erfolgt ist, nennet Berthollet dem Sprachgebrauche nicht angemessen, Sättigung. Wenn also A mit 1 B wirklich verbunden ist, heißt er eben so gesättigt, als wenn A mit 100 B verbunden ist. Die verschiedenen quantitativen Verhältnisse, in welchen zwey Materien verbunden seyn können, und die nach dem eben aufgestellten ersten Lehrsatze unzählig seyn müssen, heißen Mischungsverhältnisse. Zwischen Salzgrundlagen und Säuren ist ein Mischungsverhältniß möglich, wo sie ihre eigenthümliche chemische Wirksamkeit ganz einbüssen; dieses heißt Neutralität.

2) Je größer die Menge der einen Substanz ist, die sich mit der an-

dern vereinigt findet, desto stärker wird die letztere gebunden: A wird durch 100 C hundert Mahl so fest gehalten, als durch 1 C. Umgekehrt wird die größere Menge der einen Materie von der kleinern Menge der andern um so weniger fest gehalten, je kleiner diese ist: 100 C werden durch A hundert Mahl weniger fest gehalten, als 1 C von A gehalten wird.

3) Je mehr ein Stoff C von einem andern A in Vergleich mit einem dritten B erfordert, um mit beyden ein gleiches Sättigungsverhältniß einzugehen, desto näher ist C mit A verwandt. Von zwey Substanzen also, wovon die eine schon in einer geringen Menge auf eine dritte so stark wirkt, als die andere nur in einer größeren Menge auf dieselbe dritte Materie zu wirken vermag, ist die erste der dritten näher verwandt, als die zweyte. Wenn 1 A den Körper C schon in einem Grade sättiget, wie es nur 2 B zu thun im Stande sind, so ist dem Körper C der Körper A noch ein Mahl so nahe verwandt, als der Körper B.

4) Was einem Körper an ursprünglicher Verwandtschafts-Intensität gegen einen gewissen anderen Körper abgeht, kann ihm durch Vermehrung der Menge, d. h. der mechanischen Masse oder des Gewichtes, ersetzt werden, und umgekehrt: wenn die V. von A zu C noch ein Mahl so stark ist als jene von B zu C; so kann man die Wirkung von B der von A gleich machen, wenn man von B ein noch ein Mahl so großes Gewicht als von A nimmt. Die Wirksamkeit einer Materie A auf eine andere B nimmt in dem Verhältnisse ab, als diese sich der Sättigung nähert: es nimmt nähmlich in demselben Verhältnisse der eine Factor des chemischen Moments; die mechanische Masse, ab.

5) Die Neigung mehrerer, auf einander chemisch einwirkender Stoffe, sich wegen der Cohärenz ihrer (denkbar) kleinsten Theile zu unlöslichen oder wenigstens zu schwerlöslichen und daher leicht krystallisirbaren Körpern zu verbinden, bewirkt Zerlegungen, die man sonst der Wahlverwandtschaft zugeschrieben hat; so wie umgekehrt dieselbe Ursache auf schon gebildete schwerlösliche oder unlösliche Körper die chem. Wirksamkeit hindert: auf diese Weise wird die Schwefelsäure aus ihrer Verbindung mit Kali mittelst Baryt ganz geschieden; aus derselben Ursache wirkt die Salpetersäure auf den Schwerspath oder Gyps so wenig. — Die Efflorescenz (§. 100*) oder die Eigenschaft verschiedener Materien, sich über die hinlängliche feuchte Masse, welcher sie beygemischt sind, zu erheben, bewirkt öfters dort eine Zerlegung, wo sie sonst nicht erfolgt wäre: über einem Breye aus salzsaurem Natron und Kalk wittert auf diese Weise kohlensaures Natron aus. — Die Neigung verschiedener in Mischung begriffener Materien, in den Gaszustand überzugehen, wohin auch die Verflüchtigung verschiedener Materien durch Erwärmen gehört, bewirkt ebenfalls häufig Zersetzungen und Ausscheidungen mittelst der Expansiv-Kraft, die sonst nicht erfolgt wären, und die Bergmann der Wahlverwandtschaft allein zuschreibt: so scheidet sich die

Kohlensäure der kohlensauren Salze sowohl durch andere Säuren, als auch durch die Wärme, leicht ganz aus.

Die Phänomene von Bergmann's einfacher Wahlverwandtschaft werden nach Berthollet's Grundsätzen so erkläret: Wenn zwey Körper A und C mit einander verbunden sind, und es kommt ein dritter Körper B dazu, der mit A V. hat, so theilt sich A zwischen B und C im Verhältnisse ihrer chem. Masse (§. 120). Die Körper B und C können nun aber von A nicht mehr so fest gehalten werden, als C vor dem Hinzukommen des B gehalten wurde, weil jetzt A einen Theil seiner Anziehung von C weg gegen B richten muß: die Verbindung ist folglich loser, und andere, der chem. V. entgegenwirkende Kräfte können diese geringere Anziehung nun leichter überwinden. Wenn also C eine große Expansiv-Kraft oder AB eine große Cohäsions-Kraft besitzet, so können diese zwey Kräfte nun das Uebergewicht bekommen. Die Körper folgen aber immer der stärkeren Kraft; C wird sich also in dem gegebenen Falle verflüchtigen, und AB wird als ein unlöslicher oder schwerlöslicher Körper ausgeschieden werden. — Die Erfolge der doppelten Wahlverwandtschaft erkläret Berthollet auf nachstehende Weise: Wenn der Körper AB (schwefelsaures Natron) und CD (salzsaurer Baryt) durch überwiegende Verwandtschaftskräfte auf einander wirken; so entsteht zuerst aus beyden zusammengesetzten Körpern eine weitere Zusammensetzung ABCD (aus Salzsäure, Schwefelsäure, Baryt und Natron). Wenn nun aber eine die chem. V. überwiegende Cohärenz zweyer, oder auch mehrerer der vereinigten Materien, z. B. des Baryts mit der Schwefelsäure, eintritt; so scheiden sich diese aus, und das Gemische aus den noch übrigen Stoffen bleibt in der Auflösung zurück. Sind aber alle Verbindungen der 4 in Wirksamkeit befindlichen Stoffe leicht löslich, so erfolgt keine Trennung, sondern es bleibt eine 4fache Verbindung in der Auflösung. Dasselbe, was von der Unlöslichkeit und Schwerlöslichkeit gesagt worden ist, gilt auch von den verschiedenen Graden der Krystallisirbarkeit als einer Folge der letzteren, und läßt sich auch leicht auf die mannigfaltigen Stufen der Flüchtigkeit anwenden.

Vergleicht man beyde Verwandtschafts-Systeme, so wird man das Berthollet'sche mit den bey anderen Erscheinungen in der Natur befolgten Gesetzen, vorzüglich aber mit der Wirkungsart der allgemeinen Anziehung, mehr übereinstimmend finden; allein dessen ungeachtet findet man es durch die Resultate genauer Beobachtungen und Versuche nicht durchaus bewährt. So sollten z. B. nach dem Gesetze der Theilung im Verhältnisse der chem. Masse, die durch Niederschlagung erhaltenen Producte niemahls frey von einem Theile des Auflösungsmittels seyn (wie es auch manchmahl der Fall ist: s. Scholz Chemie 2, 35); in der Erfahrung wird aber dieses Gesetz durch eine für Ausnahmen

zu große Zahl von Thatsachen eingeschränkt. Vorzüglich hat sich Link (in Gehlen's Journal für Chemie und Physik 3, 232) bemüht, Berthollet's System durch Widerlegung und Modificirung einiger Sätze desselben, und durch richtige Auslegung anderer, mit der Bergmann'schen, auch etwas modificirten Verwandtschaftslehre, in Uebereinstimmung zu bringen. So zeigt er z B., es widerspreche der Theorie der Wahlanziehung nicht, daß die Stärke der Anziehung auch mit der mechanischen Masse wachse, und die Wahlanziehung habe überhaupt nur bey bestimmten Quantitäten einen bestimmten Sinn; ferner, man brauche auch nach Bergmann's Systeme nicht anzunehmen, die Verbindung zweyer Körper bey dem Einwirken eines dritten gehe sogleich in o über; sondern es lasse sich auch nach diesem sehr wohl denken, daß die Verbindung vor ihrer gänzlichen Aufhebung verschiedene Stufen von Verbindungsstärke durchlaufe. Wenn also ein Stoff C die Verbindung von AB nicht zu trennen vermöge, so könne er sie doch lockerer machen, und dadurch einem neu zugesetzten Körper D die völlige Trennung erleichtern, welche dieser vielleicht ohne die Mitwirkung oder Vermittelung von C nie würde zu Stande gebracht haben. Wenn Berthollet sage, die Trennung erfolge nur durch die Cohärenz, Krystallisation u. dgl., so nehme er schon Wahlverwandtschaft an, indem er damit nichts anderes meinen könne, als daß die gleichartigen Theile einer Verbindung mehr Anziehung zu einander, als zu den umgebenden fremdartigen Stoffen äußern. — In den neuesten Zeiten haben sich die Anhänger von Berthollet's Theorie durch die bis zum Gesetze erhobene Erfahrung, daß alle Stoffe in der unorganischen Natur sich nur in bestimmten Verhältnissen verbinden, sehr vermindert; indem nach jener Theorie die Stoffe sich zwischen einem Maximum und Minimum in allen möglichen Mittelverhältnissen verbinden lassen müssen. — Aus dem Vorhergehenden erhellet die Richtigkeit des oben bereits aufgestellten Satzes, daß chemische Trennungen nur immer Folgen vorhergehender chemischer Verbindungen sind. Nur bey Bergmanns V. der Zusammensetzung darf keine Trennung Statt finden. Bey der einfachen Wahlverwandtschaft muß Eine Trennung erfolgen. Die doppelte Wahlverwandtschaft ist zwar von zwey Trennungen begleitet; von den getrennten Körpern müssen aber wenigstens zwey wieder eine Verbindung eingehen; die zwey andern können sich verbinden oder unverbunden ausscheiden. Die disponirende V. kann von einer Trennung begleitet seyn oder nicht, je nachdem der eine von den durch diese V. zu vereinigenden Körpern sich schon in einer andern Verbindung befindet oder nicht. — Wird einer der Bestandtheile des zusammengesetzten Körpers rein ausgeschieden, ohne sich weder mit dem seine Ausscheidung bewirkenden wägbaren Körper, noch mit einem wägbaren Bestandtheile des zerlegten Körpers zu verbinden,

so heißt man ihn ein Educt, im entgegengesetzten Falle ein Product: die durch Zerlegung von Kreide mittelst Schwefelsäure erhaltene Kohlensäure ist ein Educt; die bey der Reduction eines Metalloxyds mittelst Kohle entwickelte hingegen ein Product. — Wird durch irgend ein Verwandtschaftsspiel ein gasförmiger, in irgend einer Verbindung stark verdichteter Körper plötzlich in Freyheit gesetzt, oder eine Gasart schnell erzeugt, so entsteht eine Verpuffung. Entwickelt sich ein Gas langsam aus einer Flüssigkeit, so verursachet es ein Aufbrausen. — Ein starrer in einer tropfbaren Auflösung ausgeschiedener oder neu erzeugter Körper bildet einen Niederschlag, oder er wird gefällt. Eine tropfbare Substanz scheidet sich unter ähnlichen Umständen, nach dem Verhältnisse ihres sp. Gewichtes zu jenem der Auflösung, entweder am Boden des Gefäßes oder auf der Oberfläche der Flüssigkeit als eine abgesonderte Schichte aus (§. 71). — Die Zerlegungen haben, wie das Spiel chem. Verwandtschaften überhaupt, meistens Trübung und Temperaturs-Veränderungen zu Begleitern. — Körper, welche unter den zu jeder chem. Thätigkeit nothwendigen Bedingungen durch große Verwandtschaftskräfte auf einander wirken, und durch diese Einwirkung auffallende, d. h. ziemlich leicht wahrnehmbare und schnelle Veränderungen hervorbringen, heißen Reagentien oder gegenwirkende Mittel. Man bedienet sich ihrer zur Ausmittelung der Gegenwart oder Abwesenheit gewisser Stoffe, und schicket daher die Prüfung mit Reagentien, die, um Täuschungen zu verhüthen, vorzüglich rein seyn müssen, meistens der genaueren chem. Untersuchung voraus. Barytsalze sind durch den verursachten weißen Niederschlag Reagentien auf Schwefelsäure, und diese ist ein Reagens auf Baryt; eisenblausaures Kali ist durch die bewirkten verschieden gefärbten Niederschläge ein Reagens auf viele Metalle u. dgl. m.

127. Sowohl nach Berthollet's als auch nach Bergmann's modificirter Verwandtschaftslehre, richten sich die Erfolge der V. nach der chemischen Masse, d. h. nach dem Producte aus der Intensität der V. in die mechanische Masse. Der letzte Factor dieses Productes läßt sich sehr leicht durch das Gewicht ausmitteln; schwieriger ist es, ein richtiges Maß für den ersten Factor, oder für die Verwandtschafts-Intensität aufzufinden; und doch ist diese, wie schon erwähnt wurde, so verschieden, daß es kaum zwey Körper gibt, die zu Einem dritten gerade denselben Grad von V. hätten. — Nach Wenzel verhält sich die Verwandtschaftsstärke mehrerer Körper zu einem gemeinschaftlichen dritten (bey gleicher Menge der ersteren) umgekehrt wie die Zeiten der Auflösung. Diese Methode ist schon deßwegen nicht anwendbar, weil sich nicht alle Körper

unter gleichen Umständen mit einem dritten verbinden lassen: so bedürfen einige Metalle zur Auflösung concentrirter Säuren, andere verdünnter; einigen ist die Beyhülfe der Wärme nothwendig, anderen nicht. Dann hat der Grad der Dichtigkeit, der Cohäsion, die Größe der Berührungsfläche, z. B. ob ein Körper mehr oder weniger fein gepulvert ist, einen sehr bedeutenden aber schwer zu schätzenden Einfluß auf die Geschwindigkeit der Auflösung. Endlich geschieht die Verbindung mancher Stoffe so augenblicklich, daß die Zeit gar nicht gemessen werden kann. — Fourcroy schlug als Maßstab der V. die Schwierigkeit, mit der sich verbundene Körper trennen lassen, und Macquer die Leichtigkeit der Verbindung und die Schwierigkeit der Trennung vor. Dieses Maß setzt einen ebenfalls noch fehlenden Maßstab für diese Leichtigkeit der Verbindung und Schwierigkeit der Trennung voraus. — Guyton Morveau's Methode, die Verbindung nach dem Grade der Adhäsion (auf die §. 109* angegebene Art) zu messen, würde sehr gut seyn, wenn sie nicht bloß auf starre und tropfbare Körper, und selbst unter diesen wieder nur auf die sehr kleine Zahl derjenigen eingeschränkt wäre, die während der Operation sich nicht schon chemisch verbinden, und wo die Cohäsion des flüssigen größer ist, als die Adhäsion desselben an den starren. — Kastner's Vorschlag, die bey der chem. Verbindung entstehende Temperaturs-Erhöhung, oder nach Andern, die entstandene Verdichtung als Maßstab anzunehmen, wird wieder von andern Schwierigkeiten gedrückt. — Bergmann, Kirwan und Berthollet nehmen die Gewichtsmengen, in denen sich Körper verbinden, als den Maßstab ihrer Verwandtschafts-Intensität an. Bergmann, der sich von Kirwan nur durch den Ausdruck unterscheidet, stellet als chemisches Paradox den Satz auf, daß die Salzbasen zu ihrer Sättigung um so weniger Säure bedürfen, je größer ihre V. zu den letzteren ist, und daß im Gegentheile die Säuren um so mehr von einer Salzbase bedürfen, eine je größere V. sie zu derselben haben. Nach Berthollet's Grundsätzen halten sich in einer neutralen Verbindung die gegenseitigen Verwandtschaftskräfte gerade das Gleichgewicht, oder ihr chem. Moment ist gleich. Das chem. Moment ist das Product der Verwandtschafts-Intensität in das Gewicht. Der zweyte Factor wird auf einer guten Wage bestimmet; der erste muß sich dann umgekehrt wie der zweyte verhalten, damit ein gleiches Product, d. h. ein gleiches chem. Mo-

ment herauskomme. Wenn von dem Körper A zwey Mahl so viel als von dem Körper B zur Neutralisirung von C erfordert wird, so ist B dem C noch ein Mahl so nahe verwandt, als es A dem C ist. Nach Bergmann's Satze begreift man nicht, warum die V. der Säuren zu den Basen im geraden, die V. der Basen zu den Säuren hingegen im umgekehrten Verhältnisse mit ihrer Sättigungs-Capacität stehen soll. Berthollet's Behauptung steht im Widerspruche mit dem Satze der gleichen Wirkung und Gegenwirkung, nach welchem A von B eben so stark, als B von A angezogen werden soll; nach Berthollet aber muß die V. eines Körpers zu einem andern um so kleiner seyn, je größer die V. des letzteren zu dem ersteren ist; z. B. 100 Theile Schwefelsäure neutralisiren 191 Theile Baryt und nur 118 Theile Kali, folglich neutralisiren 100 Theile Baryt 53 Theile Schwefelsäure, 100 Theile Kali dagegen 85 Theile derselben Säure. Im ersten Falle ist das Kali der Schwefelsäure näher verwandt als der Baryt, im zweyten Falle ist die Schwefelsäure dem Baryt näher verwandt als dem Kali. Sowohl nach Bergmann's als nach Berthollet's Meinung müßten die Säuren in Hinsicht ihrer V. zu allen Basen in derselben Ordnung auf einander folgen, welches nicht der Fall ist; so hat z. B. zur Schwefelsäure der Baryt eine größere V. als das Kali, zur Salpetersäure dagegen hat das Kali eine nähere V. als der Baryt. Endlich werden alle diese Angaben durch die Erfahrung widerlegt, daß die Ordnung, in welcher sich Stoffe wechselseitig aus schon bestehenden Verbindungen ausscheiden, mit ihren Sättigungs-Capacitäten in gar keinem Verhältnisse stehet, wie es folgendes Beyspiel zeigen mag, in welchem die Basen so auf einander folgen, wie sie sich wechselseitig aus der Verbindung mit der Schwefelsäure und Salpetersäure ausscheiden, und zugleich das Gewicht bezeichnet ist, mit welchem jede dieser Basen 100 Gewichtstheile der oben stehenden Säuren neutralisirt:

100 Gwtheile.		Schwefels.	100 Gwtheile.		Salpeters.
43	—	Ammoniak	32	—	Ammoniak
78	—	Natron	52	—	Kalk
118	—	Kali	96	—	Strontian
71	—	Kalk	141	—	Baryt
129	—	Strontian	58	—	Natron
191	—	Baryt	87	—	Kali.

128. Wegen der Unzulänglichkeit aller vorgeschlagenen Methoden, die ursprüngliche Verwandtschaftsstärke der Körper auszumitteln, bleibt kein anderer Weg übrig, als durch Beobachtungen und Versuche die Ordnung zu suchen, in welcher sich Körper wechselseitig zerlegen, diese als die (doch noch am meisten brauchbare) Stufenleiter der V. gelten, und es dahin gestellt seyn zu lassen, welchen Antheil an dieser Wirkung andere, von der chem. V. verschiedene Kräfte nehmen. Alle so genannten Verwandtschaftstafeln sind nach dieser Methode verfertigt; sie haben aber sehr viel an Brauchbarkeit verloren, weil darauf nicht alle, die Verwandtschaftserfolge modificirenden Umstände angegeben seyn können. Um doch einige dieser Umstände andeuten zu können, sind die Substanzen in den neuern Verwandtschaftstafeln, die man beynahe allen chem. Lehrbüchern angehängt findet, nicht mehr mit chem. Zeichen ausgedruckt. Die älteste Verwandtschaftstafel ist von Geoffroy, eine spätere von Gellert, welche von vielen Chemisten verbessert wurde, bis Bergmann eine neue viel vollständigere herausgab. — Auf diesem Wege der Erfahrung ist man zu folgenden allgemeinen, doch nicht ausnahmslosen Regeln in Bezug auf den Grad der V. gelangt, mit dem sich die verschiedenen Körper verbinden:

1) Mit der größten Stärke verbinden sich einfache Stoffe mit einfachen zu Zusammensetzungen der ersten Ordnung, z. B. der Sauerstoff mit dem Wasserstoffe zu Wasser, mit den Metallen zu Oxyden u. dgl. m. Auch zwischen zusammengesetzten Körpern der ersten Ordnung, z. B. zwischen Säuren und Metalloxyden herrscht noch eine starke V., mit der sie sich zu Zusammensetzungen der zweyten Ordnung (z. B. zu Salzen) verbinden. Von hier aus nimmt die V. schnell ab; zwischen zusammengesetzten Körpern der zweyten Ordnung, z. B. zwischen Salzen, ist sie schon sehr schwach, daher wir auch nicht viele Doppelsalze kennen. Ueber diese hinaus wird die chem. V. unmerklich, oder verschwindet für uns: dafür schaltet dann die Cohäsions-Kraft freyer; daher die Körper in der Regel eine desto größere Neigung zum Krystallisiren zeigen, je zusammengesetzter sie sind.

2) Nur solche Körper, welche zu derselben Ordnung der Zusammensetzung gehören, verbinden sich kräftig mit einander; also nur einfache mit einfachen, zusammengesetzte Substanzen der zweyten Ordnung mit ihres Gleichen, u. s. f.

Zusammengesetzte Körper verbinden sich nur dann nicht mit einfachen, wenn sie selbst durch eine starke V. gebildet worden sind, wie dieses z. B. fast bey allen Oxyden der Fall ist. Durch eine sehr schwache V. gebildete Zusammensetzungen verbinden sich häufig noch mit einfachen Stoffen; daher kann zu einer Legirung von zwey Metallen noch ein drittes hinzugeschmolzen werden. — Der Erfahrung zu Folge verbinden sich zusammengesetzte Körper nur dann sehr innig, wenn sie einen gemeinschaftlichen Bestandtheil enthalten; so ist z. B. die große V. zwischen Oxygensäuren und Salzbasen oder Metalloxyden bekannt, welche beyde Sauerstoff enthalten. Der Widerspruch, in welchem manche Erscheinungen, wie z. B. die Wirkung der Salpetersäure auf Silber, die Verbindung der Alkalien mit Schwefel u. dgl. mit dieser Regel zu stehen scheinen, ist leicht zu heben, indem das Silber vor der Verbindung mit der Salpetersäure sich oxydirt, und die Alkalien vor der Verbindung mit dem Schwefel reducirt werden. Die Verbindung des Chlors mit dem Kohlenoxydgas und vielleicht auch mit den Alkalien gehört nach der bisherigen Vorstellungsart unter die Ausnahmen.

3) Die Körper äußern (die zwey bereits angeführten Umstände gleich gesetzt) eine desto größere V. zu einander, je entgegengesetztere sinnliche Eigenschaften sie besitzen, oder je verschiedenartiger sie sind, wie z. B. Säuren und Alkalien, Chlor und Metalle u. dgl. Nur solche Stoffe sind im Stande, ihre wechselseitigen Eigenschaften ganz aufzuheben, oder sich zu neutralisiren. Der durch eine Verbindung solcher Substanzen entstandene neue Körper zeigt dann auch die meisten neuen, von jenen seiner Bestandtheile verschiedenen Eigenschaften.

4) Die Stoffe sind dann am meisten geneigt, neue Verbindungen einzugehen, wenn sie alte eben erst verlassen haben: so verbindet sich der Stickstoff am leichtesten mit dem Sauerstoffe zu Salpetersäure, wenn er bey der Verwesung thierischer Körper eben erst aus der Verbindung mit den übrigen Bestandtheilen der letzteren frey wird; Wasserstoff und Stickstoff verbinden sich bey der Auflösung von Zinn in verdünnter Salpetersäure leicht zu Ammoniak, weil beyde sich treffen, indem sie kaum die Verbindung mit Sauerstoff verlassen haben.

5) Ein Körper, der sich mit mehreren Verhältnissen eines andern verbinden kann, hält die kleineren Verhältnisse gewöhnlich fester gebunden, als die großen. Von dieser Regel gibt es sehr viele Ausnahmen.

Durch die doppelte Wahlverwandtschaft entstehen unter gewissen Um-

ständen die leichtlöslichen, unter andern die schwerlöslichen Verbindungen am wahrscheinlichsten. — Die V. ist von andern äußeren Einflüssen, vorzüglich von der Temperatur, sehr abhängig (§. 119): die innigsten Verbindungen erfolgen häufig erst bey hohen Temperaturen; ja öfters werden die Verwandtschaftserfolge durch die Temperatur ganz umgekehrt. Davon kann erst beym Wärmestoffe ausführlicher gehandelt werden; so wie erst in der Elektricitätslehre (§. 190) die chem. V. sammt ihren verschiedenen Graden, oder der sogenannte chemische Prozeß, auf die elektrischen Erscheinungen zurückgeführt werden soll.

2) In welchem Verhältnisse verbinden sich ungleichartige Körper zu einem scheinbar gleichartigen Ganzen?

129. In Beantwortung dieser sehr wichtigen Frage zerfallen die Naturforscher in zwey Parteyen, wovon die eine als Gesetz nachzuweisen sucht, die Körper können sich innerhalb gewisser Gränzen in unzähligen, allmählich in einander übergehenden Verhältnissen verbinden; die andere aber den alten Satz: mensura, pondere et numero Deus omnia fecit, durch den aus der Erfahrung geschöpften Beweis vertheidigt, daß die Körper sich nur in bestimmten, unwandelbaren Verhältnissen mit einander vereinigen, in die sie nicht allmählich, d. h. durch Mittelverhältnisse, übergehen, sondern durch plötzliche Sprünge sich versetzen.

130. Schon Bergmann, Kirwan und Lavoisier suchten die chem. Erscheinungen an Maß und Gewicht zu binden, und sie, nebst allen Analytikern unter den Chemisten, scheinen es für ein Axiom gehalten zu haben, daß die Verbindungen entweder nach Einem einzigen, oder doch nur nach sehr wenigen festen Verhältnissen der Quantitäten ungleichartiger Stoffe erfolgen; denn sonst wäre ja ihr Bemühen, die Mischungsverhältnisse durch Zahlen auszudrucken, zwecklos gewesen. — Bergmann nennet einen Körper mit einem andern gesättiget, wenn jener von diesem so viel aufgenommen hat, als er davon aufnehmen kann: wenn z. B. Ein Pfund Wasser so viel Kochsalz gelöset hat, daß es nun keines mehr zu lösen vermag, so ist das Wasser mit Kochsalze gesättiget, oder befindet sich in Hinsicht auf das Kochsalz im Zustande der Sättigung. Diese Bedeutung ist dem Sprachgebrauche angemessener, als jene, welche Berthollet (§. 126*) dem Worte Sättigung unterleget; denn ein Thier ist nicht immer satt, wenn es Speisen

zu sich genommen hat, sondern nur dann, wenn es so viel zu sich genommen hat, als es zur Stillung des Hungers bedurfte. — Wenn zwey Körper sich so, und in einem solchen Verhältnisse mit einander verbinden, daß sie ihre charakteristischen Eigenschaften gegenseitig aufheben, so neutralisiren sie sich: unter die charakteristischen Eigenschaften der Säuren z. B. gehöret der saure Geschmack und das Rothfärben frischer, blauer Pflanzensäfte; die Laugensalze im Gegentheile zeichnen sich durch das Grünfärben derselben Pflanzensäfte, und durch einen eigenthümlichen Geschmack aus; wenn sich Säuren mit Laugensalzen in einem bestimmten Verhältnisse verbinden, so verlieren beyde die genannten Eigenschaften, und befinden sich dann im Zustande der Neutralität (§. 126*).

Eine Verbindung kann neutral seyn, ohne daß die Körper gesättigt sind, und durch die Sättigung eines Körpers mit dem andern entsteht nicht immer eine neutrale Zusammensetzung. So wird z. B. das Kali durch eine gewisse Menge von Weinsteinsäure neutralisirt; allein nun ist das Kali mit der Weinsteinsäure noch nicht gesättigt, indem es davon noch eine bedeutende Menge aufnehmen und damit den krystallisirten Weinstein bilden kann, in welchem das Kali zwar mit Weinsteinsäure gesättigt, aber die Verbindung nicht neutral ist, da die Eigenschaften der Säure nicht ganz getilgt sind. Im Zustande der Neutralität scheinen die Körper am innigsten mit einander verbunden zu seyn, indem sie sich gegenseitig gleich fest halten, und A eben so schwer von B, als dieses von jenem zu trennen ist; da hingegen jener Theil von A oder B, welcher über den Neutralisations-Punct vorhanden ist, viel leichter getrennt werden kann. — Das, was man gewöhnlich Uebersättigung heißt, sollte eigentlich Verbindung über den Neutralisations-Punct genannt werden.

131. Der Erste, welcher sich über die Gesetzmäßigkeit in den Quantitäts-Verhältnissen chem. Verbindungen bestimmt aussprach, und mit einem großen, bey dem damahligen Zustande der analytischen Chemie dazu aber auch nothwendigen Scharfsinne, die meisten Gesetze entwickelte, welche die Körper in dieser Hinsicht befolgen, dem daher der ehrenvolle Nahme des Begründers der Stöchiometrie (Meßkunst chemischer Elemente) mit unbestreitbarem Rechte gebührt, war J. B. Richter. Er wurde auf seine wichtigen Entdekkungen hauptsächlich durch die Beobachtung geleitet, daß die bey der Zerlegung zweyer neutralen Verbindungen durch die doppelte Wahlverwandtschaft entstandenen Producte immer wieder neutral

sind. Dieses kann nur dann Statt finden, wenn alle Säuren in Hinsicht ihrer Sättigungsfähigkeit gegen jede Base unter sich, und folglich auch alle Basen in Hinsicht ihrer Sättigungsfähigkeit gegen jede Säure unter einander, stets dasselbe Verhältniß beybehalten. 100 Thle. Schwefelsäure werden durch 191 Thle. Baryt oder durch 78 Thle. Natron neutralisirt: die Mengen von Baryt und Natron, welche eine gleiche Quantität jeder anderen Säure neutralisiren, werden sich folglich immer wie 191 : 78 verhalten müssen. Gehören z. B. zur Neutralisation von 100 Thln. Salpetersäure 141,5 Thle. Baryt; so läßt sich durch eine einfache Regeldetri (191 : 78 = 141,5 : 57,7) berechnen, daß dazu vom Natron nicht volle 58 Thle. erforderlich seyn werden.

178 Thle. schwefelsaures Natron und 326 Thle. salpetersaurer Baryt zerlegen einander vollständig, so daß weder von einem noch von dem andern Salze das Geringste unzerlegt übrig bleibt, und es entstehet neutrales salpetersaures Natron und neutraler schwefelsaurer Baryt, wie folgendes Schema zeigt:

213 salpetersaures Natron

178 Thle. Glaubersalz bestehend aus: { 78 Thln. Natron — 135 Salpetersäure
100 Thln. Schwefels. — 191 Baryt } 326 Thle. salpetersaurer Baryt bestehend aus:

291 schwefelsaurer Baryt.

100 Thle Schwefelsäure, welche mit 78 Thln. Natron verbunden waren, sind nun durch 191 Thle. Baryt neutralisirt worden, und 135 Thle. Salpetersäure, die vorher durch diese 191 Thle. Baryt neutralisirt waren, sind es jetzt nach der Verbindung mit 78 Thln. Natron ebenfalls, welches nicht anders geschehen kann, als wenn 78 Thle. Natron gegen beyde Säuren gerade dieselbe Sättigungsfähigkeit äußern, wie 191 Thle. Baryt; und da, wenn man statt salpetersauren Baryts was immer für ein anderes lösliches Barytsalz anwendet, derselbe Erfolg eintritt: so müssen sich die Sättigungsfähigkeiten von Baryt und Natron gegen alle Säuren, wie 191 : 78 verhalten. — Wenn man daher aus einigen guten Analysen die Sättigungsfähigkeiten aller Basen gegen Eine Säure, und die aller Säuren gegen Eine Base kennet, wie z. B. die der gebräuchlichsten in der nachstehenden Tabelle enthalten sind: so kann man daraus leicht die Quantitätsverhältnisse der Bestandtheile jedes Neutralsalzes berechnen:

100 Thle. Schwefels. neutralisiren:		191 Thle. Baryt neutralisiren:	
Thonerde	43 Thle.	Arsensäure	144 Thle.
Ammoniak	43 »	Bernsteinsäure	126,6 »
Baryt	191 »	Blausäure	67,9 »
Bittererde	51,7 »	Borsäure	53,9 »
Eisenprotoxyd	88 »	Chlorige-Säure	188 »
Kupferoxyd	99 »	Essigsäure	128 »
Kali	118 »	Kleesäure	90 »
Kalk	71 »	Kohlensäure	55 »
Lithion	45,6 »	Phosphorsäure	89 »
Natron	78 »	Salpetersäure	135,6 »
Quecksilberprotoxyd	525 »	Salzsaures Gas	90,7 »
Quecksilberperoxyd	273 »	Schwefelsäure	100 »
Silberoxyd	290 »	Schweflige Säure	81,1 »
Strontian	129 »	Weinsteinsäure	166,7 »

Will man z. B. wissen, wie viel in 100 Thln. kohlensauren Kalkes Kohlensäure, und wie viel Kalk enthalten ist; so zeigen die in der Tabelle bey der Kohlensäure und beym Kalke stehenden Zahlen an, daß sich 55 Thle. der ersteren mit 71 Thln. des letzteren zu $55 + 71 = 126$ Thln. kohlensauren Kalkes verbinden. Wenn 126 Thle. kohlens. Kalkes 55 Thle. Kohlensäure enthalten, so enthalten 100 Thle. kohlens. Kalkes davon 43,65 Thle.; denn $126 : 55 = 100 : 43,65$. Und da die noch zu 100 fehlenden 56,35 Thle. Kalk seyn müssen: so bestehen 100 Thle. kohlensauren Kalkes aus 43,65 Thln. Kohlensäure und 56,35 Thln. Kalk. — Die übrigen sehr mannigfaltigen und nützlichen Anwendungen einer solchen Tabelle, die ein Chemist leicht immer bey sich haben kann, ergeben sich diesem von selbst.

132. Berthollet mußte, den Grundsätzen seines Verwandtschafts-Systemes gemäß, annehmen, daß sich die Körper innerhalb gewisser Gränzen in jedem Verhältnisse verbinden können. Wenn nähmlich der Körper A sich mit B verbindet, so gehört eine gewisse Menge von A dazu, damit seine chem. Masse die Summe der Cohäsions- oder Expansiv-Kräfte von A und B, oder den Unterschied ihres sp. Gewichtes, mit einem Worte, die Hindernisse der Verbindung überwinde: diese zur Ueberwindung der Hindernisse gerade nothwendige Menge von A ist also das Minimum von A, das sich mit einer bestimmten Menge von B verbinden kann. Je größer von hier aus die Menge von A wird, desto mehr chem. Masse gehört von B dazu, die dadurch vermehrte Summe der Cohäsions- oder Expansiv-Kräfte zu überwinden; und die Menge von A kann daher auch eine Stufe

erreichen, über welche hinaus die chem. Masse von B nicht mehr hinreicht, eine chem. Verbindung einzugehen: dieser Punct ist das Maximum von A, das sich mit B verbinden kann. Zwischen diesem Maximum und Minimum aber müssen sich, nach Berthollet, die Körper A und B in jedem nur denkbaren Verhältnisse verbinden lassen. — Wenn sich die Körper nur in Einem Verhältnisse verbinden, wie dieß vorzüglich bey den von einer bedeutenden Verdichtung begleiteten Verbindungen der Gasarten, z. B. von Sauerstoff und Wasserstoff zu Wasser, von Stickstoff und Wasserstoff zu Ammoniak und dergl. der Fall ist; so fällt das Maximum und das Minimum zusammen: gerade nur eine bestimmte Menge von A hat chem. Masse genug, sich mit einer ebenfalls bestimmten Menge von B zu vereinigen; wie diese Menge nur etwas geringer wird, reicht sie nicht mehr zu, die Expansiv-Kraft von B zu überwinden, und so wie sie nur etwas größer wird, kann ihre eigene Expansiv-Kraft von der chem. Masse des Körpers B nicht überwunden werden. — Wenn bey der Verbindung zweyer Körper, wie es z. B. bey der Lösung der Salze der Fall ist, nur der Eine, das Salz, ein Maximum hat, in welchem er sich mit dem andern verbinden kann; dieser, das Wasser, hingegen über ein gewisses Minimum hinaus sich in jeder auch noch so großen Menge mit dem erstern zu vereinigen vermag: so geschieht es dadurch, daß, nachdem mit dem Salze sich so viel Wasser verbunden hat, als jenes gerade zur Lösung bedarf, das übrige Wasser sich mit der entstandenen Salzlauge verbindet. — Wenn zwey Körper weder ein Maximum noch ein Minimum anerkennen, sondern sich mit einander in jedem Verhältnisse verbinden, wie sich z. B. Wasser mit Alkohol oder mit Schwefelsäure mischt, wie sich mehrere Metalle mit einander legiren u. dgl. m.; so ist dieß dadurch zu erklären, daß entweder die V. dieser Körper sehr groß, die Hindernisse der Verbindung aber sehr gering sind, wodurch die Gränzen, das Maximum und Minimum, gleichsam unendlich weit aus einander gerückt werden; oder daß die neu entstandene Zusammensetzung zu jedem der zusammensetzenden Körper wieder eine zur Verbindung hinlängliche V. hat: wenn sich z. B. Ein Theil Silber mit Einem Theile Kupfer verbunden hat, so behält diese Legirung sowohl zum Silber als zum Kupfer noch so viel V., daß sie sich mit neuen Portionen des einen oder des andern Metalls verbinden kann; dieß dauert so lange fort, bis endlich die Menge des Kupfers z. B. schon

so geringe wird, daß seine chem. Masse dem Ueberschuße des sp. Gewichtes des Silbers nicht mehr gewachsen ist, wo dann die chem. Verbindung etwas unvollkommner wird, und das Silber in einem größern Verhältnisse in den tieferen Schichten als an der Oberfläche sich befindet.

132. Zur Bestätigung und Erläuterung seiner Sätze hatte Berthollet vorzüglich die Verbindung des Sauerstoffes mit den Metallen, also die Metalloxyde als Beyspiel gewählt: zwischen dem schwarzen Eisenoxyde, worin das Eisen 0,29, und zwischen dem rothen Eisenoxyde, worin es 0,44 Sauerstoff enthält, gibt es nach Berthollet eine unendliche Zahl von andern Eisenoxyden mit Mittelverhältnissen von Sauerstoff. — Diesen Satz griff der Madriter Chemist Proust an, indem er durch viele Versuche zeigte, daß der Sauerstoff mit den Metallen sich zwischen dem Maximum und Minimum nicht in unendlich vielen Verhältnissen vereiniget, sondern daß es sich an wenige, feste, unveränderliche Verhältnisse binden muß; daß viele Metalle nur Ein einziges, mehrere zwey, und nur sehr wenige drey Oxyde bilden, welche überall und unter allen Umständen aus demselben Verhältnisse von Sauerstoff und Metall zusammengesetzt sind, und die bey fort- oder rückschreitender Oxydation sogleich sprungweise entstehen, oder sich eines in das andere verwandeln; daß sich endlich bey keinem Metalle eine Reihe unmerklich in einander übergehender Oxyde findet. Dasselbe zeigte Proust von den Verbindungen des Schwefels mit den Metallen, und der Säuren mit den Metalloxyden. Ein Eisenoxyd kann aber nach Proust das andere, eine Art des geschwefelten Eisens die andern auflösen, und dadurch können dem Scheine nach mehrere Mittelverhältnisse entstehen.

133. Während Proust das Gesetz der unveränderlichen Proportionen gegen den von Berthollet aufgestellten Satz der Veränderlichkeit in den Mischungsverhältnissen chem. Verbindungen und des allmählichen Ueberganges aus einem in das andere, zu behaupten suchte, erhielt er eine wichtige Verstärkung durch Gay-Lussac's Entdeckung, daß die Verbindungen gasförmiger Substanzen stets in sehr einfachen Raumverhältnissen (1 Maß des einen mit 1, 2, 3... Maß des andern) erfolgen, und daß auch die durch die chem. Verbindung derselben erlittene Raumverminderung oder Verdichtung in einem sehr einfachen Verhältnisse zu dem Raumumfange der Gasarten

vor der Verbindung stehet; d. h. daß das Volumen nach der Verbindung jenem vor der Verbindung entweder gleich ist, oder 1/2, 1/3, 1/4 davon beträgt. Da das sp. Gewicht derselben Gasart unter den nähmlichen Umständen unveränderlich ist: so muß die Verbindung von Gasarten, wenn sie in bestimmten Raumverhältnissen erfolgt, auch in eben so bestimmten Gewichtsverhältnissen vor sich gehen.

Nach Gay-Lussac verbinden sich:

Maß			M.			M.
100	Sauerstoffgas	mit	200	Wasserstoffgas	zu	200 Wasserdunst
100	—	—	200	Kohlenoxydgas	—	200 kohlens. Gas
100	Chlorgas	—	100	Wasserstoffgas	—	200 salzs. Gas
100	Stickgas	—	50	Sauerstoffgas	—	100 oxydt. Stickgas
100	—	—	100	—	—	200 Salpetergas
100	—	—	200	—	—	200 salpetrige Säure
100	—	—	250	—	—	200 Salpetersäure
100	—	—	300	Wasserstoffgas	—	200 Ammoniakgas
100	Ammoniakgas	—	100	kohlens. Gas	zu	kohlensäuerl. Ammoniak
100	—	—	150	—	—	— kohlens. Ammoniak
100	—	—	100	salzs. Gas	—	starrem Salmiake.

134. Die von Gay-Lussac auf dem Wege der Erfahrung entdeckte Einfachheit der Raumverhältnisse, in welchen sich Gasarten mit einander verbinden, war schon früher von Dalton auf dem Wege der Hypothese als ein allgemeines auf die chem. Verbindung der Körper in allen Aggregatformen ausgedehntes Gesetz aufgestellt worden. Als Atomist nahm er an, daß bey der chem. Verbindung die Atome verschiedenartiger Körper sich neben einander stellen, und zwar so, daß 1 Atom des einen Körpers sich entweder nur mit 1 Atome des andern verbinde, oder daß 1 Atom des einen Körpers von 2, 3, 4... Atomen des andern umhüllet werde. Da die Atome eines und desselben Körpers gleich und unveränderlich sind, folglich auch dieselbe Ausdehnung und dasselbe Gewicht haben: so müssen auch die Gewichtsverhältnisse, in denen sich die Körper verbinden, beständig seyn; und wenn ein Körper A sich mit dreyerley Verhältnissen des Körpers B verbinden kann, indem sich das erste Mahl 1 Atom, das zweyte Mahl 2 Atome, das dritte Mahl 3 Atome des Körpers B mit 1 Atome des Körpers A verbinden: so muß sich auch dem Gewichte nach das zweyte Mahl zwey, das dritte Mahl drey Mahl so viel von dem Körper B mit A verbinden, als das erste Mahl.

135. Proust's Versuche wurden von einem unserer scharfsinnig-

sten naturforschenden Zeitgenossen, von dem Professor J. Jacob Berzelius in Stockholm, dessen Nachdenken durch das Lesen von Richter's Schriften und durch Dalton's Hypothese auf diesen Gegenstand gelenkt worden war, mit dem glücklichsten Erfolge weiter fortgesetzt. Durch eine Reihe, mit einer bis auf ihn kaum erreichten Genauigkeit angestellter Analysen, hat Berzelius nicht nur die Resultate von Proust's Arbeiten, von Richter's Forschungen und von Dalton's Speculationen bestätiget, sondern auch neue Gesetzmäßigkeiten hinsichtlich der Quantitätsverhältnisse entdeckt, in denen sich die Körper verbinden. Nicht alle chem. Verbindungen sind den bestimmten Verhältnissen so unterworfen, daß sie nicht auch in vielen andern vor sich gehen könnten, sondern nur jene, welche durch große Verwandtschaftskräfte bewirkt werden. Da nur diejenigen Stoffe mit großen Verwandtschaftskräften auf einander wirken, welche von sehr verschiedener chem. Natur sind (§. 127), so bezeichnet Berzelius die Stoffe, um das Entgegengesetzte ihrer chem. Natur auszudrucken, mit den Beywörtern positiv und negativ. Er ordnet alle Stoffe in eine Reihe, deren Endglieder von beyden Seiten diejenigen Stoffe machen, die sich in ihrer chem. Natur am meisten entgegengesetzt sind, d. h. wovon der erste am meisten negativ, der letzte am meisten positiv ist. Diese Reihe fängt mit dem Sauerstoffe, als dem negativesten Körper an, und schließt mit dem Kalium, als dem positivesten. Zwischen diesen Gränzen sind die übrigen Stoffe so geordnet, daß jeder vorhergehende, dem Sauerstoffe näher liegende, gegen jeden folgenden, dem Kalium näheren, sich negativ, folglich umgekehrt, jeder hintere gegen seine Vorgänger sich positiv verhält, und daß die Körper in ihrer chem. Natur um so mehr verschieden sind, daher mit desto größeren Verwandtschaftskräften auf einander wirken, und sich folglich in desto bestimmteren Verhältnissen mit einander verbinden, je weiter sie in dieser Reihe von einander abstehen, und so umgekehrt.

Berzelius läßt die einfachen Körper von den negativesten zum positivesten in jener Ordnung folgen, wie sie in der Tafel Seite 71 aufgeführet sind: Sauerstoff und Kalium wirken am heftigsten auf einander, weil sie in dieser Reihe am weitesten von einander entfernt oder von der verschiedensten chem. Natur sind; sie müssen sich daher auch in sehr bestimmten Verhältnissen verbinden. Wismuth und Zinn stehen sehr nahe, sind sich also in ihrer chem. Natur sehr ähnlich; daher hat man in ihren wechselseitigen Verbindungen noch nichts von bestimmten Verhältnissen wahrgenommen. Das Arsen geht mit vielen andern Metallen

Verbindungen in bestimmten Verhältnissen ein, weil es von allen Metallen das negativeste ist. Der Sauerstoff verbindet sich mit allen übrigen Körpern bloß in bestimmten Verhältnissen, weil er nicht allein der negativeste Stoff ist, sondern auch der negativeste von allen übrigen erst nach einem bedeutenden Abstande auf ihn folgt. — Diese Tafel, deren Ordnung Berzelius selbst nur für eine Annäherung zur Wahrheit ansieht, und die daher wahrscheinlich durch künftige Entdeckungen manche Berichtigungen erfahren wird, ist entworfen: a) nach der Art von Elektricität, welche jeder von zwey Stoffen bey der wechselseitigen Berührung erlangt: so wird eine Silberscheibe bey der Berührung mit einer Kupferscheibe negativ, letztere hingegen positiv elektrisch; folglich verhält sich Silber zum Kupfer negativ; Schwefel in Berührung mit Silber wird negativ elektrisch; folglich verhält sich das Silber zum Schwefel positiv u. s. w.; b) nach dem Pole einer galvanischen Batterie, an welchem bey der Zerlegung eines zusammengesetzten Körpers, jeder seiner Bestandtheile sich ablagert, und mit welchem daher der von ihm angezogene Körper den entgegengesetzten elektrischen Zustand haben muß: so wird z. B. bey dem Galvanisiren von Quecksilberchlorid das Chlor am positiven, das Quecksilber am negativen Schließungsdrahte abgesetzt, folglich ist das Chlor gegen das Quecksilber negativ elektrisch; c) nach der chem. Beschaffenheit der Stoffe in ihren Zusammensetzungen, vorzüglich in ihren Oxyden: so verhält sich z. B. die Schwefels. gegen das Bleyoxyd negativ elektrisch. — Die Stoffe, welche in der angegebenen Reihe in gleicher Entfernung von einander stehen, zeigen bey weitem nicht immer eine gleiche Differenz in ihrer chem. Natur: so ist die Differenz zwischen dem Sauerstoffe und den ihm zunächststehenden Stoffen sehr groß, während sie zwischen den Metallen unter einander sehr klein ist. Der Schwefel stehet z. B. nur um 3 Stellen hinter dem Sauerstoffe, und das Platin stehet ebenfalls um 3 Stellen hinter dem Golde: dessen ungeachtet ist aber die chem. Differenz zwischen Sauerstoff und Schwefel viel größer, als zwischen Gold und Platin. Vielleicht werden manche Lücken in dieser Reihe einst durch neuentdeckte Stoffe ausgefüllt werden; so wie z. B. erst in den letzten Jahren der große Raum zwischen Sauerstoff und Schwefel mit dem Chlor, Brom und Jod besetzt worden ist. — Diese Tafel verlieret überdieß noch viel an Brauchbarkeit, weil sie keineswegs eine Verwandtschaftstafel darstellet, aus welcher man erfahren kann, wie sich die Stoffe wechselseitig aus schon bestehenden Verbindungen absondern. Der Schwefel stehet z. B. dem Sauerstoffe viel näher als das Bley; Sauerstoff und Bley sind also in ihrer chem. Natur mehr verschieden als Sauerstoff und Schwefel; folglich muß auch die Verwandtschaft zwischen Sauerstoff und Bley größer seyn, als zwischen Sauerstoff und Schwefel: dessen ungeachtet wird die Verbindung von Sauerstoff und Bley, das Bleyoxyd, durch Schwefel zerlegt, in-

dem sich der Schwefel mit dem Sauerstoffe verbindet und Bley ausscheidet; so daß nach diesem Verwandtschaftserfolge zum Sauerstoffe der Schwefel eine nähere V. als das Bley zu haben scheint. Die Ursache dieser Abweichung liegt in dem Umstande, daß die Verwandtschaftserfolge nicht bloß von dem Grade der chem. V., sondern auch von andern Nebenumständen abhängig sind, daß selbst die Beschaffenheit der zu bildenden neuen Körper auf dieselben Einfluß hat (§. 125*), daß die Temperatur die Verwandtschaftsgrade sehr zu verändern, ja öfters sogar umzukehren im Stande ist. — Eine ähnliche Reihe, wie die einfachen Stoffe, bilden die zusammengesetzten von allen Ordnungen: so verhalten sich z. B. die Säuren gegen Metalloxyde negativ; das Wasser stehet in der Mitte und spielet bald die Rolle einer Säure, d. h. des negativen Bestandtheils, bald die einer Basis oder des positiven Bestandtheils. — Jede chem. Verbindung enthält also einen negativen und einen positiven Bestandtheil, es sey von näheren oder entfernteren Bestandtheilen die Rede. — Da nur durch große Verwandtschaftskräfte hervorgebrachte Verbindungen sich in ihren Eigenschaften auffallend von ihren Bestandtheilen unterscheiden: so läßt sich begreifen, warum chem. Verbindungen, die durch die schwachen Verwandtschaften sehr ähnlicher Stoffe entstanden sind, auch noch die Verwandtschaften jedes ihrer Bestandtheile behalten, und sich also mit einem und dem andern noch weiter verbinden können; da hingegen durch große Verwandtschaften bewirkte Zusammensetzungen sehr unähnlicher Stoffe mit den andern Eigenschaften ihrer Bestandtheile auch die Verwandtschaften derselben verloren haben, und daher sich weder mit einem noch mit dem andern ihrer Bestandtheile weiter verbinden können. — Berzelius leitet die Verschiedenheit der chem. Natur der Körper von ihrem elektrischen Verhalten ab, wie oben angedeutet worden ist, und wovon erst später ausführlicher gehandelt werden kann.

136. Erstes Gesetz. **Einfache Stoffe verbinden sich mit einander in Einem einzigen Verhältnisse, oder doch nur in sehr wenigen, unveränderlichen Verhältnissen. In dem letzten Falle wird gewöhnlich der positive Bestandtheil als Einheit, angenommen, und die Mengen, welche sich von dem negativen Bestandtheile mit ihm verbinden, steigen so, daß die größeren Mengen entweder das Doppelte, das Dreyfache u. s. w., kurz stets Vielfache der kleinsten Menge mit einer ganzen Zahl sind.** — Die kleinste Menge eines negativen Körpers, welche mit einem andern als Einheit angenommenen positiven Körper in Verbindung treten kann, und die größte Menge eines positiven Körpers,

welche sich mit einem negativen zu vereinigen vermag, heißt ein **Verhältniß**, ein **Mischungsgewicht**, nach **Wollaston** ein chemisches **Aequivalent**, auch der **stöchiometrische Werth**, oder die **stöchiometrische Zahl**, das Gewicht eines **Atoms**, auch kurz **Ein Atom** des Körpers.

So verbinden sich Sauerstoff und Wasserstoff nur in Einem einzigen unveränderlichen Verhältnisse, nähmlich 1000 Gthle. des ersteren mit 124,79 Gthln. des letzteren zu 1124,79 Gthln. Wasser; Stickstoff und Wasserstoff verbinden sich in dem einzigen Verhältnisse von 82,5 Thln. Stickstoff mit 17,5 Thln. Wasserstoff zu 100 Thln. Ammoniak; 100 Thle. Zink lassen sich mit nicht mehr und nicht weniger als 50 Thln. Schwefel verbinden. — Wenn also in dem Wasser 1 Atom Sauerstoff mit Einem Atome Wasserstoff verbunden ist, so muß das Gewicht des ersteren zu dem Gewichte des letzteren sich wie 100 : 12,479 u. s. w., und das Gewicht Eines Atoms Zinks zu jenem Eines Atoms Schwefel wie 100 : 50 verhalten. — Wenn sich ein negativer Körper in mehreren Verhältnissen mit einem positiven vereiniget, oder mehrere **Verbindungsstufen** mit demselben bilden kann, so geschieht dieses, dem oben angeführten Gesetze zu Folge, nur so, daß sich in den höheren Verbindungsstufen Ein, zwey, drey, vier, fünf Atome u. s. w. des negativen Körpers mit Einem Atome des positiven vereinigen: auf der ersten Verbindungsstufe enthält also der zusammengesetzte Körper Ein Atom oder Verhältniß des negativen Bestandtheiles, welches durch die einfache stöchiometrische Zahl ausgedruckt wird; auf der zweyten Verbindungsstufe enthält er nicht immer zwey, sondern manches Mahl auch drey oder vier, oder noch mehrere Atome des negativen Bestandtheiles; und so enthält er auf allen übrigen Verbindungsstufen eine ganzzahlige Menge Atome oder Verhältnisse, d. h. Producte der stöchiometrischen Zahl mit einer andern ganzen Zahl, und nur ausnahmsweise mit der gebrochenen Zahl 1 ½. Das Quecksilber verbindet sich in zwey Verhältnissen mit dem Sauerstoffe, nähmlich 100 Gthle. Quecksilber ein Mahl mit 4, das andere Mahl mit 8 Gthln. Sauerstoff, so daß also das größere Verhältniß von Sauerstoff am Gewichte noch Ein Mahl so viel als das kleinere beträgt: im ersten Falle ist also das Quecksilber mit Einem Atome, im letzten Falle mit zwey Atomen Sauerstoff verbunden; 597 Thle. Molybdän enthalten in dem Molybdänoxyde 100, in der molybdänigen Säure 200, und in der Molybdänsäure 300 Thle. Sauerstoff; 177 Thle. Stickstoff verbinden sich entweder mit 100 Thln. (1 At.) Sauerstoff zu oxydirter Stickluft, mit 200 Thln. (2 At.) Sauerstoff zu Salpetergas, mit 400 Thln. Sauerstoff (4 At.) zu salpetriger Säure, oder mit 500 Thln. (5 At.) Sauerstoff zu Salpetersäure. Vom Sauerstoffe sind 100 Gthle., vom Schwefel 201 Gthle. die geringsten Mengen, welche sich

mit 12,479 Gthln. des gegen beyde positiven Wasserstoffes verbinden können: folglich ist 100 die stöchiometrische Zahl für den Sauerstoff, wenn jene für den Schwefel 201 und jene für den Wasserstoff 12,479 ist, oder 1 Atom Sauerstoff wiegt 100, wenn 1 Atom Schwefel 201, und 1 Atom Wasserstoff 12,479 wiegt, oder 100 Gthle. Sauerstoff, 201 Gthle. Schwefel, 12,479 Gthle. Wasserstoff sind wechselseitige Aequivalente; d. h. wenn man 201 Gthle. mit Wasserstoffe verbundenen Schwefels durch Sauerstoff ersetzen will, braucht man dazu von dem letzteren bloß 100 Gthle., und 201 Gthle. Schwefel erfordern selbst wenigstens 100 Gthle. Sauerstoff zur Verbindung. — Bey ziemlich vielen Verbindungen tritt der Fall ein, daß das zweyte Verhältniß des negativen Bestandtheiles nicht das Doppelte, sondern das anderthalbfache (also ein Vielfaches mit der gebrochenen Zahl 1 1/2) von dem ersten ist: so verbinden sich 1300 Thle. Bley mit 100 Thln. Sauerstoff zu Massikot, mit 150 Thln. Sauerstoff zu Mennig, und mit 200 Thln. Sauerstoff zu braunem Bleyoxyde; 150 ist aber das 1 1/2fache von 100; der Eisenmohr enthält auf 339 Thle. Eisen 100 Thle. Sauerstoff, das rothe Eisenoxyd auf eben so viel Eisen 150 Thle. Sauerstoff; im Arsenikrubin sind 235 Thle. Arsen mit 100 Thln. und im Rauschgelb mit 150 Thln. Schwefel verbunden. Diese Ausnahmen verschwinden, wenn man zuläßt, daß manche Substanzen noch eine niedrigere, bisher unbekannte Verbindungsstufe mit dem negativen Körper haben. Als man von den Oxydationsstufen des Schwefels bloß die schweflige Säure, worin 201 Gthle. Schwefel mit 200 Gthln. Sauerstoff verbunden sind, und die Schwefelsäure kannte, welche auf 201 Gthle. Schwefel 300 Gthle. Sauerstoff enthält, war in der letzteren die Sauerstoffmenge das 1 1/2fache van jener in der ersteren: gegenwärtig hat man aber auch die unterschweflige Säure kennen gelernt, worin 201 Gthle. Schwefel mit 100 Gthln. Sauerstoff verbunden sind, von denen die Sauerstoffmenge in der schwefligen Säure das Doppelte und jene in der Schwefelsäure das Dreyfache ist. Manche solcher Verbindungen mit 1 1/2 des negativen Bestandtheils scheinen Gemenge von zwey andern Verbindungsstufen zu seyn: das Mennig z. B. scheint zur Hälfte aus gelbem Massikot und zur Hälfte aus braunem Bleyoxyde zu bestehen. Das Massikot enthält auf 1300 Gthle. Bley 100 Sauerstoff, also die Hälfte davon 50; das braune Bleyoxyd enthält auf 1300 Gthle. Bley 200 Gthle. Sauerstoff, wovon die Hälfte 100 macht: 100 + 50 ist = 150 der Sauerstoffmenge des Mennigs, dessen rothe Farbe leicht durch ein Gemenge von Braun und Gelb entstanden seyn kann. Diesen Erfahrungen zu Folge nimmt **Berzelius**, wenn die Menge des negativen Bestandtheils auf irgend einer Verbindungsstufe 1 1/2 Mahl so viel als die kleinste beträgt, an, daß die Verbindung mit dem einfachen Verhältnisse des negativen Bestandtheils nicht bekannt sey, hält das kleinste **bekannte** Verhältniß schon für das doppelte,

wo dann das $1\frac{1}{2}$ Mahl größere zum dreyfachen wird. Der Eisenmohr enthält nach ihm 2, das rothe Eisenoxyd 3 Verhältnisse Sauerstoff; der Arsenikrubin 2, das Rauschgelb 3 Verhältnisse Schwefel. In dem Schwefelkies ist das Eisen mit noch Ein Mahl so viel Schwefel als in dem gemeinen Schwefeleisen verbunden; allein aus der Vergleichung dieser Schweflungsstufen mit den Oxydationsstufen des Eisens läßt Berzelius die Schwefelmenge in dem gemeinen Schwefeleisen nicht für das einfache, und jene in dem Schwefelkies für das zweyfache Verhältniß gelten; sondern in dem gemeinen Schwefeleisen soll das doppelte, und in dem Schwefelkies das vierfache Mischungsgewicht Schwefel enthalten seyn. Berzelius rechtfertiget diese Annahmen, die, wenn man sie nur kennt und consequent durchführet, auf die Anwendung gar keinen verwirrenden Einfluß haben, durch kräftige Gründe aus der Analogie. Es ist übrigens voraus zu sehen, daß diesem neuen mathematischen Theile der Chemie durch künftige Erfahrungen noch manche Veränderungen bevorstehen.

137. Zweytes Gesetz. Die verschiedenartigen Körper besitzen ein ungleiches Sättigungsvermögen, d.h. um eine bestimmte Menge eines Stoffes bis zu einem gleichen Grade zu sättigen, werden von den übrigen Stoffen sehr verschiedene Mengen erfordert: allein das Verhältniß der Sättigungsvermögen der Stoffe gegen jeden gemeinschaftlichen Stoff bleibt immer dasselbe. Mit andern Worten: Die Stoffe haben sehr verschiedene stöchiometrische Zahlen, allein das wechselseitige Verhältniß dieser Zahlen bleibt stets unverändert.

1000 Gthle. Sauerstoff bedürfen z. B. 124,79 Thle. Wasserstoff, 2011 Schwefel, 4426 Chlor, 2909 Natrium, 3392 Eisen, 7914 Kupfer, 4700 Arsen, 4899 Kalium, 8569 Baryum, 12945 Bley; die Quantitäten der angeführten Stoffe, welche 1000 Thle. Sauerstoff auf denselben Grad sättigen, oder die den angeführten Stoffen entsprechenden stöchiometrischen Zahlen sind also sehr verschieden. Zur Sättigung von 1000 Thln. Chlor bis auf einen bestimmten Grad werden erfordert vom Sauerstoff 226 Thle., vom Wasserstoff 28, vom Schwefel 454, vom Natrium 657, vom Eisen 765, vom Kupfer 1786, vom Kalium 1106, vom Baryum 1935, vom Bley 2925 Thle. So verschieden diese Zahlen von den vorigen sind, so stehen sie doch in demselben wechselseitigen Verhältnisse; denn 226 verhält sich zu 28 eben so, wie 1000 : 124,79 u. s. w. Man kann sich von der Gleichheit des Verhältnisses leicht überzeugen, wenn man statt 1000 Thln. 4426 Thle. Chlor sättigen läßt; denn diese bedürfen vom Sauerstoff 1000, vom Wasserstoff 124,79, vom Schwefel 2011, vom

Natrium 2909, vom Eisen 3392, vom Kupfer 7914, vom Kalium 4899, vom Baryum 8569, vom Bley 12945 Thle.; also von jedem Stoffe genau dasselbe Gewicht, welches 1000 Thle. Sauerstoff fordern. Nimmt man statt Sauerstoff oder Chlor der Reihe nach jeden der übrigen Stoffe als Vergleichungspunct für die Sättigungsfähigkeiten aller andern, so wird sich zeigen, daß die das Sättigungsvermögen ausdruckenden Zahlen immer genau in demselben Verhältnisse bleiben. Daraus folgt, daß mit dem Sättigungsvermögen aller Stoffe gegen Einen, auch das Sättigungsvermögen der verschiedenen Stoffe unter einander gegeben ist. Zu diesem Zwecke muß Ein Stoff als Vergleichungspunct gewählt werden. Da der Sauerstoff sich gegen alle übrigen negativ und gegen keinen positiv verhält, folglich schon in dieser Beziehung an der Spitze aller übrigen Körper stehet; da er mit allen übrigen Stoffen als negativer Bestandtheil Verbindungen eingeht; da diese Verbindungen aus der oben angeführten Ursache sehr bestimmt und unwandelbar, wie auch am genauesten untersucht sind, und da der Sauerstoff in der Chemie überhaupt die wichtigste Rolle spielt: so eignet er sich zur Vergleichungseinheit für die Sättigungsfähigkeiten aller übrigen Stoffe am besten (so wie zum Vergleichungspuncte für das sp. Gewicht aller übrigen Substanzen jenes des Wassers am zweckmäßigsten gewählt worden ist). Man druckt das Sättigungsvermögen des Sauerstoffes durch eine runde Zahl, z. B. durch 10, 100 oder 1000 aus, und suchet dann aus den besten Analysen die Gewichtstheile der übrigen Stoffe, welche erfordert werden, um die angenommenen 10, 100 oder 1000 Gewichtstheile Sauerstoff in demselben Grade zu sättigen. In dem Verzeichnisse der einfachen Stoffe (§. 59) sind denselben die stöchiometrischen Zahlen beygefügt, wenn jene des Sauerstoffs = 1000 gesetzt wird. Einige Chemisten nehmen den Wasserstoff als Einheit (= 1) an, und erhalten dann für den Sauerstoff die Zahl 8. Die stöchiometrischen Zahlen mit dem Wasserstoffe als Einheit werden durch Vergrößern um $1/4$ in stöchiometrische Zahlen mit dem Sauerstoffe = 10, und die letzteren durch Abziehen von $1/5$ in die ersteren verwandelt.

138. Drittes Gesetz: Die Stoffe behalten nach ihrer wechselseitigen Verbindung ihr Sättigungsvermögen gegen andere Stoffe; d. h. wenn zwey zusammengesetzte Körper der ersten Ordnung, z. B. AB und CD sich wechselseitig zu dem zusammengesetzten Körper der zweyten Ordnung AB + CD verbinden: so befinden sich in diesem die Bestandtheile in dem nähmlichen Quantitäts-Verhältnisse, in welchem A mit C und B mit D sich einzeln verbunden hätten. Der stöchiometrische Werth jedes zusammengesetzten Körpers ist demnach nur dem stö-

chiometrischen Werthe des darin enthaltenen Gewichtes Eines seiner Bestandtheile gleich. So besitzen 50 Gthle. Schwefelsäure nur den stöchiometrischen Werth der darin enthaltenen 20 Gthle. Schwefel. Man erhält also den stöchiometrischen Werth eines zusammengesetzten Körpers, wenn man das Gewicht seines negativen Bestandtheiles von seinem Totalgewichte abzieht: wenn man z. B. von 50 Gthln. Schwefelsäure die 30 Gthle. Sauerstoff abzieht, so bleiben noch 20 Gthle. Schwefel, derer stöchiometrischer Werth dem von 50 Gthln. Schwefelsäure gleich ist. Da aber die stöchiometrischen Zahlen mit dem stöchiometrischen Werthe im umgekehrten Verhältnisse stehen: so erhält man die stöchiometrischen Zahlen zusammengesetzter Körper in der Summe, wenn man die stöchiometrischen Zahlen seiner Bestandtheile addiret. Das Sättigungsvermögen zusammengesetzter Körper wird daher durch das ihrer Bestandtheile gebildet.

Die Schwefelwasserstoffsäure ist ein aus Schwefel und Wasserstoff zusammengesetzter Körper der ersten Ordnung, der Baryt ist ein aus Baryum und Sauerstoff zusammengesetzter Körper der ersten Ordnung; beyde verbinden sich mit einander zu dem unter dem Nahmen schwefelwasserstoffsaurer Baryt bekannten Salze, welches ein zusammengesetzter Körper der zweyten Ordnung ist. In dem schwefelwasserstoffsauren Baryt ist gerade ein solches Verhältniß von Schwefel und von Baryum vorhanden, als ob reiner Schwefel sich mit reinem Baryum zu Baryumsulfuride verbunden hätte, und gerade ein solches Verhältniß von Sauerstoff und von Wasserstoff, als ob die zwey letzteren im isolirten Zustande sich zu Wasser verbunden hätten. Daher entweicht beym Glühen des genannten Salzes Wasser, und es bleibt Baryumsulfurid zurück. — Das Wasser bestehet aus 1 Verhältniß Wasserstoff = 124,79, und aus 1 Verhältniß Sauerstoff = 1000; folglich wird die stöchiometrische Zahl des Wassers 1124,79 seyn. Das Calomel bestehet aus 1 Verhältniß Quecksilber = 12658 und 1 Verhältniß Chlor = 4426, folglich erhält es die stöchiometrische Zahl 17084; das ätzende Quecksilbersublimat enthält auf 1 Verhältniß Quecksilber 2 Verhältnisse Chlor = 4426 × 2 = 8852; folglich gebührt ihm die stöchiometrische Zahl 21510. Das Kali bekommt die Zahl 5899, weil es aus 1 Verhältniß Kalium = 4899 und aus Einem Verhältnisse Sauerstoff = 1000 bestehet. Die Salpetersäure ist aus 1 Verhältniß Stickstoff = 1773 und aus 5 Verhältnissen Sauerstoff = 5000 zusammengesetzt; ihr Sättigungsvermögen wird folglich durch 6773 ausgedruckt. — Um die stöchiometrischen Zahlen für die zusammengesetzten Körper zu finden, muß man nicht nur ihre Bestandtheile kennen, sondern man muß auch wissen,

wie viele Atome des negativen Körpers mit dem positiven verbunden sind; weil man zu der stöchiometrischen Zahl des positiven Körpers jene des negativen so oft Mahl hinzuzählen muß, als Atome von diesem vorhanden sind. — Folgende Beyspiele mögen dem Vorhergehenden zur Erläuterung und zugleich zum Beweise dienen, daß die Körper nach ihrer chem. Verbindung ihr Sättigungsvermögen gegen andere Stoffe beybehalten.

Das Zink hat die stöchiometrische Zahl 4032, der Schwefel 2011: folglich erhält das Zinksulfurid, d. h. die Verbindung von 1 Atom Zink mit 1 Atom Schwefel die stöchiometrische Zahl 4032 + 2011 = 6043. Das Zink mit 1 Verhältniß Sauerstoff bildet Zinkoxyd, dem die Zahl (4032 + 1000 =) 5032 entspricht; der Schwefel wird durch die Vereinigung mit 3 Verhältnissen Sauerstoff zu Schwefelsäure mit der stöchiometrischen Zahl (2011 + 3000 =) 5011. Weil Schwefelsäure und Zinkoxyd zusammengesetzte Körper der ersten Ordnung sind, so können sie sich wieder mit einander verbinden: 1 Atom Schwefelsäure mit 1 Atom Zinkoxyd bildet den Zinkvitriol, dem daher die Zahl (5011 + 5032 =) 10043 gebührt. Um zu sehen, wie diese Angaben durch die Erfahrung bestätiget werden, betrachten wir die Resultate einer guten Analyse des Zinkvitriols:

100 Thle. Zinkvitriol	49,9 Schwefelsäure	29,88 Sauerstoff.
		20,02 Schwefel.
	50,1 Zinkoxyd	40,10 Zink.
		10,00 Sauerstoff.

Um zu sehen, daß alle Bestandtheile in demselben Verhältnisse stehen, als sie den obigen Angaben zu Folge stehen sollen, darf man diese Analyse nur von 100 auf 10043 Thle. Zinkvitriol übertragen: dann sieht man, daß in dem Zinkvitriole auf 40,1 Gthl. Zink 20,02 Gthle. Schwefel, also auf 100 Thle. Zink 50,14 Schwefel kommen, daß folglich Schwefel und Zink, wenn sie auch beyde mit Sauerstoff verbunden sind, doch ihr altes Sättigungsvermögen gegen einander behalten.

In dem Salpeter (mit der stöchiom. Zahl 12673) ist 1 Atom Kali mit 1 Atom Salpetersäure verbunden: 100 Thle. Salpeter bestehen daher aus 46,55 Gthln. Kali und 53,45 Gthln. Salpetersäure. Jene 46,55 Thle. Kali enthalten auf 38,66 Thle. Kalium (mit der stöch. Zahl 4899) 7,89 Gthle. Sauerstoff; diese 53,45 Thle. Salpetersäure auf 14 Thle. Stickstoff (mit der stöch. Zahl 1773) das 5fache Verhältniß, also 39,45 Thle. Sauerstoff. Stickstoff und Kalium sind also in dem Salpeter in solchen Quantitäten vorhanden, daß auf 1 Atom Kalium 1 Atom Stickstoff kommt, wie folgendes Schema zeigt:

100 Salpeter	46,55 Kali	7,89 Sauerst.	1773 : 4899 = 14 : 38,66
		38,66 Kalium	
	53,45 Salptf.	14,00 Stickst.	
		39,45 Sauerst.	

Folgende Tabelle enthält als Beyspiele nur einige zusammengesetzte Körper mit ihren stöchiometrischen Zahlen:

Zusammengesetzte Körper der ersten Ordnung.

	Atom		Atom			
Wasser	1 Wasserst.	+	1 Sauerstoff		=	1124,79
Schwefels. (wasserfrey)	1 Schwefel	+	3 »		=	5011
Salpetersäure	1 Stickstoff	+	5 »		=	6773
Kohlensäure	1 Kohlenst.	+	2 »		=	2764
Chlorsäure	1 Chlor	+	7 »		=	11426
Salzsäure	1 Wasserst.	+	1 Chlor		=	4551
Schwefelwasserstoffs.	1 Wasserst.	+	1 Schwefel		=	2135,8
Kali	1 Kalium	+	1 Sauerstoff		=	5899
Natron	1 Natrium	+	1 »		=	3909
Kalk	1 Calcium	+	1 »		=	3560
Baryt	1 Baryum	+	1 »		=	9569
Alaunerde	1 Alumium	+	1 »		=	2140
Eisenprotoxyd	1 Eisen	+	1 »		=	4392
Eisenperoxyd	1 »	+	1½ »		=	4892
Natriumchlorid	1 Natrium	+	1 Chlor		=	7336
Eisenprosulfurid	1 Eisen	+	1 Schwefel		=	5403
Eisenpersulfurid	1 »	+	2 »		=	7414
Ammoniak	1 Stickstoff	+	3 Wasserstoff		=	2148

Zusammengesetzte Körper der zweyten Ordnung:

	Atom		Atom		
Schwefelsäurehydrat oder Vitriolöhl	1 Schwefels.	+	1 Wasser	=	6135
Kalihydrat	1 Kali	+	1 Wasser	=	7024
Schwefelsaures Kali	1 Kali	+	1 Schwefelsäure	=	10910
Schwefels. Baryt	1 Baryt	+	1 »	=	14580
Salpeters. Kali	1 Kali	+	1 Salpetersäure	=	12673
Salpeters. Baryt	1 Baryt	+	1 »	=	16342
Kohlens. Kalk	1 Kalk	+	1 Kohlensäure	=	6324
Kohlens. Ammoniak	1 Ammoniak	+	1 »	=	4912
Salmiak	1 Ammoniak	+	1 Salzsäure	=	6699
Schwefels. Alaunerde	1 Alaunerde	+	1 Schwefelsäure	=	7151
Schwefelwstf. Baryt	1 Baryt	+	1 Schwefstffsäure	=	11705

Als Beyspiele von zusammengesetzten Körpern der dritten Ordnung können alle Salze mit Krystallwasser, dann der Alaun gelten, welcher aus 1 Atom schwefelsaurem Kali = 10910, und aus 3 Atomen schwefelsaurer Alaunerde = 21453 bestehet; daher er die Zahl 32364 bekommt.— Der krystallisirte Alaun ist ein zusammengesetzter Körper der vierten Ordnung: er bestehet aus 1 Atom schwefelsauren Kali mit 3 Atomen Wasser, und aus 3 Atomen

schwefelsaurer Alaunerde mit 21 Atomen Wasser; also ist seine stöchiometrische Zahl 10910 + 3374 + 21450 + 23620 = 59357.

Die angeführten Gesetze wurden früher nicht in dieser Allgemeinheit aufgestellt, indem das, was hier von negativen Körpern überhaupt gesagt wird, nur dem Sauerstoffe beygelegt wurde. Es hieß: In den höheren Oxydationsgraden ist die Sauerstoffmenge ein Vielfaches mit einer ganzen Zahl von der Sauerstoffmenge in dem niedrigsten Oxydationsgrade. Ferner: Oxydirte Körper verbinden sich wechselseitig in solchen Verhältnissen, daß ihre Sauerstoffmengen entweder einander gleich sind, oder daß die Sauerstoffmenge desjenigen Körpers, der mehr Sauerstoff enthält, ein Vielfaches mit einer ganzen Zahl von der Sauerstoffmenge des andern Körpers ist, der am wenigsten davon enthält: so enthält die Schwefelsäure der neutralen schwefelsauren Salze stets 3 Mahl so viel Sauerstoff als die Basis, wie es das obige Beyspiel vom Zinkvitriol lehrt: die Salpetersäure enthält in ihren neutralen Salzen 5 Mahl so viel Sauerstoff als die Basis, wovon das obige Beyspiel mit dem Salpeter zum Belege dienen mag. Endlich: Einfache, oxydirbare Körper verbinden sich in solchen Verhältnissen, daß, wenn sie oxydirt werden, die Sauerstoffmenge des einen der Sauerstoffmenge des andern entweder gleich, oder davon ein Vielfaches mit einer ganzen Zahl wird, wie dieses durch das oben angeführte Beyspiel von Zink und Schwefel erläutert ist. Alle diese Gesetze, so wie auch Richter's Gesetz der ungestörten Neutralität bey der Zerlegung zweyer neutraler Salze durch doppelte Wahlverwandtschaft, sind nur Folgerungen aus den oben angeführten drey Hauptgesetzen.

Die drey stöchiometrischen Gesetze finden auf die Zusammensetzungen der organischen Natur keine Anwendung. Hier enthalten die zusammengesetzten Körper der ersten Ordnung wenigstens drey Bestandtheile (Kohlen-, Wasser- und Sauerstoff), und diese können sich in allen Verhältnissen mit einander verbinden, ohne daß einer derselben nothwendig die Rolle der Einheit zu übernehmen braucht. Am meisten Bestimmtheit in dem Verhältnisse der einfachen Bestandtheile findet man noch in den organischen Säuren, welche daher in ihren weiteren Verbindungen mit Salzbasen dieselben Regeln, wie die Säuren unorganischen Ursprungs befolgen (Scholz Chemie 2, 322).

139. Kennet man die stöchiometrischen Zahlen aller einfachen Stoffe, so kann man, dem dritten Gesetze zu Folge, leicht jene für alle zusammengesetzten Körper finden, wenn man nur weiß, was für Bestandtheile, und wie viele Atome von jedem die letzteren enthalten. Hat man auf solche Art vollständige und richtige stöchiometrische Tabellen ausgearbeitet: so kann man nach ihnen

durch eine einfache Proportions-Rechnung oder Regel de tri berechnen: a) wie viel ein gegebenes Gewicht jedes Körpers von einem andern zu einer bestimmten Verbindungsstufe bedarf; b) wie viel ein gegebenes Gewicht eines zusammengesetzten Körpers von jedem seiner Bestandtheile enthält; c) wie viel zur Zerlegung eines zusammengesetzten Körpers mittelst der einfachen oder doppelten Wahlverwandtschaft von jedem zur Zerlegung angewandten Körper erfordert wird.

Sollen z.B. 12 Loth Eisen in Schwefeleisen, welches auf 1 Atom Eisen 1 Atom Schwefel enthält, verwandelt werden, so müssen sich die Mengen Eisen und Schwefel, die sich mit einander verbinden sollen, verhalten, wie die einfache stöchiometrische Zahl des Eisens zur einfachen des Schwefels, also nach der Tabelle Seite 69 wie 3392 : 2011. Nun heißt es: 3392 : 2011 = 12 : 7,1; oder 3392 Loth Eisen verbinden sich mit 2011 Loth Schwefel: folglich verbinden sich 12 Loth Eisen mit 7,1 Loth Schwefel. — Man will berechnen, wie viel 100 Pfunde Schwefel möglicher Weise concentrirte, tropfbare Schwefelsäure (Schwefelsäure-Hydrat, Vitriolöhl von 1,848 spec. Gewicht) geben können. In der Tabelle verhält sich die stöchiometrische Zahl des Schwefels zu jener des Vitriolöhls, wie 2011 : 6135. Nun heißt es wieder: 2011 : 6135 = 100 : 305; oder 2011 Pf. Schwefel geben 6135 Pf. Schwefelsäure: folglich geben 100 Pf. Schwefel 305 Pfund Schwefelsäure. — Man will wissen, wie viel in 100 Loth Vitriolöhl wasserfreye Schwefelsäure, und wie viel Wasser vorhanden sey. Nach der Tabelle findet man dieses durch folgende Regel de tri: 6135 : 5011 = 100 : 81,7. Es sind demnach in 100 Loth Vitriolöhl 81,7 Loth wasserfreye Schwefelsäure, folglich noch 18,3 L. Wasser enthalten. — Man erhält bey einer Analyse 35 Gran kohlensauren Kalk; es handelt sich darum, zu erfahren, wie viel reiner Kalk, und wie viel Kohlensäure darin enthalten ist. 6324 : 3560 = 35 : 19,7: in 35 Gran kohlensauren Kalks sind also 15,3 Gran Kohlensäure mit 19,7 Gran Kalk verbunden. Man soll 128 Loth Salmiak durch reinen Kalk zerlegen, um das Ammoniak auszuscheiden: wie viel braucht man Kalk? 6699 : 3560 = 128 : 68. Und wie viel erhält man bey dieser Operation Ammoniakgas? 6699 : 2148 = 128 : 41 Loth. — 10 Loth schwefelsaures Kali sollen durch salpetersauren Baryt gefället werden, wie viel wird dazu von dem letzteren erfordert? 10910 : 16342 = 10 : 15. Wie viel erhält man dabey schwefelsauren Baryt? 10910 : 14580 = 10 : 13,3 ... Loth. Und wie viel salpetersaures Kali? 10910 : 12673 = 10 : 11,62 Loth ...

140. Um das zwar einfache, jedoch zeitraubende Rechnen zu ersparen, hat man die stöchiometrischen Tabellen mit den logarithmi-

schen (Neper'schen) Rechenstäben verbunden. Eine solche stöchiometrische Tafel oder Aequivalentenscale (Tafel 5 Fig. A) bestehet aus einem beyläufig 1 Fuß langen und 3 Zoll breiten Bretchen A B C D, mit einem eingefalzten, seiner Länge nach verschiebbaren Liniale a b c d in der Mitte. Auf dem verschiebbaren Liniale sind Eintheilungen so angebracht, daß diejenigen Zahlen, welche in demselben geometrischen Verhältnisse stehen, sich auch immer in gleichen Abständen befinden: der bloße Anblick der Figur zeigt, daß die Zahlen 10 und 20, 20 und 40, 40 und 80, 80 und 160, 160 und 320, welche in dem nähmlichen geometrischen Verhältnisse stehen, auch gleich weit von einander abstehen. Wenn der Schieber sich, wie in Fig. A, in seinem Normalstande befindet, werden die Nahmen der Körper, sowohl der einfachen als der zusammengesetzten, auf dem Bretchen von beyden Seiten so aufgetragen, daß jeder genau neben derjenigen Zahl auf dem verschiebbaren Liniale zu stehen kömmt, welche seiner stöchiometrischen Zahl gleich ist. Die kleinen Striche bezeichnen noch genauer den Ort, wohin der nebenstehende Körper in der Zahlenreihe gehöret. Will man nun mittelst dieser Vorrichtung erfahren, wie viel eine gegebene Menge irgend eines auf der Tafel befindlichen Körpers von einem andern zur Verbindung oder zur Zerlegung erfordert, oder wie viel ein bestimmtes Gewicht eines zusammengesetzten Körpers von jedem seiner Bestandtheile enthält: so muß man das Linial so schieben, daß die Zahl, welche das absolute Gewicht des gegebenen Körpers ausdruckt, neben den Nahmen desselben zu stehen kommt; dann darf man die neben den Nahmen seiner Bestandtheile, oder neben dem Nahmen desjenigen Körpers, mit den man ihn verbinden, oder durch den man ihn zerlegen will, stehenden Zahlen bloß ablesen.

Man will z. B. Schwefeleisen, d. h. Eisenprosulfurid machen, und dazu 40 Loth Eisenspäne verwenden; wie viel braucht man Schwefel? Man stelle das Linial so, daß die Zahl 40 neben dem Eisen zu stehen kommt; nun findet man, daß nur wenig über dem Schwefel die Zahl 23 ½ stehet; folglich braucht man zur Verbindung mit 40 Loth Eisen zu Schwefeleisen etwas mehr als 23 ½ Loth Schwefel. — Schiebt man die Zahl 100 zum Schwefel, so entspricht dem Vitriolöhle die Zahl 305; 100 Pfund Schwefel können demnach 305 Pfund Vitriolöhl geben. Bey demselben Stande des Schiebers entspricht der wasserfreyen Schwefelsäure die Zahl 249, und dem Wasser 56: also sind in jenen 305 Pfund Vitriolöhl 249 Pfund wasserfreye Schwefelsäure und 56

Pfund Wasser enthalten. — Man erhält bey einer Analyse 160 Gran schwefelsauren Baryt; wie viel Schwefelsäure ist darin enthalten? Wenn man die Zahl 160 zu dem schwefelsauren Baryte schiebt, so findet man neben der wasserfreyen Schwefelsäure die Zahl 55; so viel Grane Schwefelsäure sind folglich in jenen 160 Gran schwefelsauren Baryts mit 105 Gran reinen Baryts verbunden. Die Schwefelsäure soll aber in der untersuchten Flüssigkeit nicht im freyen Zustande, sondern mit Natron verbunden als Glaubersalz vorhanden gewesen seyn, wie viel Glaubersalz enthält die Flüssigkeit? Bey dem vorigen Stande der Scale findet man neben dem wasserfreyen schwefelsauren Natron die Zahl 98, und neben dem krystallisirten die Zahl 221; so viele Grane waren also von dem ersten oder von dem letztern in der untersuchten Flüssigkeit vorhanden. — 5 Pfunde Kupfervitriol sollen durch Bleyzucker zerlegt werden, um essigsaures Kupfer zu bereiten. Weil die Zahl 5 zu klein ist, so machet man die Pfunde zu Lothen; 5 Pf. sind 160 Loth. Schiebt man die Zahl 160 zu dem krystallisirten schwefelsauren Kupfer, so lehren die bey den entsprechenden Körpern stehenden Zahlen, daß man dazu 242 Loth krystallisirten essigsauren Bleyes (Bleyzuckers) nöthig hat; daß man 127 1/2 Loth krystallisirten Grünspans (essigsauren Kupfers) und 192 Loth schwefels. Bleyes bekommt. — Man hat es mit 3 Pfund oder 96 Loth Kochsalz zu thun. Man schiebe die Scale so, wie sie die Fig. B (Tafel 5) zeigt, wo die Zahl 96 neben dem salzsauren Natron (Kochsalz) zu stehen kommt, und nun darf man, um die Quantitätsverhältnisse, in welchen diese 96 Loth Kochsalz mit den übrigen auf der Tafel verzeichneten Körpern stehen, kennen zu lernen, die neben den letzteren stehenden Zahlen bloß ablesen. 96 L. Kochsalz enthalten nähmlich 51 L. Natron und 45 L. Salzsäure, oder 38 L. Natrium und 58 L Chlor. Man bedarf zu ihrer Zerlegung von jeder tropfbaren Schwefelsäure so viel, daß darin 66 L. wasserfreyer Säure enthalten sind, 81 L. Vitriolöhl von 1,840 spec. Gew., oder 122 L. wasserfreyen, oder 226 L. krystallisirten Eisenvitriol. Man erhält durch diese Zerlegung 117 L. wasserfreyes, oder 262 L. krystallisirtes Glaubersalz, und bey der Zerlegung durch Eisenvitriol noch über dieß 64 L. rothes Eisenoxyd. Zur Zerlegung dieser 96 L. Kochsalz auf dem Wege der doppelten Wahlverwandtschaft braucht man 113 L. kohlensäuerliches Kali, 94 L. wasserfreyes oder 123 Loth krystallisirtes schwefelsaures Ammoniak, 278,5 L. salpetersaures Silber, 487 L. schwefelsaures Quecksilberoxyd. Im ersten Falle erhält man 87 L. wasserfreyes oder 234,5 Loth krystallisirtes kohlensäuerliches Natron und 123 L. salzsaures Kali oder Digestivsalz; im zweyten Falle 88 L. Salmiak und 117 L. wasserfreyes, oder 262 L. krystallisirtes Glaubersalz; im dritten Falle 248 L. Hornsilber, und im vierten Falle 446 L. ätzendes Quecksilber-Sublimat u. dgl. m.

Um den Gebrauch dieser Tafel, so viel es ohne Beeinträchtigung der

Richtigkeit der mittelst derselben bewerkstelligten Rechnungen möglich war, zu vereinfachen, hat man die einfachsten Verhältnisse angenommen. — Der Sauerstoff hat auf der Tafel die stöchiometrische Zahl 10; weil er aber vorzüglich häufig sich in mehreren Verhältnissen verbindet, sind auch einige von den vielfachen Verhältnissen des Sauerstoffes mit 2 Sst., 3 Sst., 5 Sst. u. s. w. besonders bezeichnet worden. Da der Sauerstoff die Zahl 10 hat; so sollte der Wasserstoff die Zahl 1,2479, und der Kohlenstoff die Zahl 7,63 bekommen; dadurch wäre aber die Tafel zu lang und folglich unbequem geworden: man hat daher die Rahmen dieser zwey Stoffe zu den ihrem 10fachen stöchiometrischen Werthe entsprechenden Zahlen gesetzt. Handelt es sich um das einfache Verhältniß von Wasserstoff oder Kohlenstoff, so darf man nur die letzte Ziffer für einen Decimalbruch ansehen. Will man z. B. wissen, wie viel in 15 Loth Wassers Sauerstoff und wie viel Wasserstoff enthalten ist; so schiebt man die Scale beyläufig so, wie sie sich in Fig. B zeigt, wo 15 neben Wasser zu stehen kommt. Man findet dann beym Sauerstoffe beynahe 13,4, und bey 10 Wasserstoff die Zahl 16; davon muß man aber 6 als eine Decimalstelle wegschneiden: es bestehen also 15 Loth Wasser aus 13,4 L. Sauerstoff und 1,6 L. Wasserstoff. Bey demselben Stande der Scale stehet Kohlensäure bey 37; wie viel enthalten so viel Grane davon Kohlenstoff und Sauerstoff? Dem Kohlenstoffe entspricht die Zahl 103, davon bleibt, wenn die letzte Ziffer als ein Decimalbruch behandelt wird, 10,3; dann besteht die Kohlensäure aus 2 Atomen Sauerstoff; 2 Sauerstoff entspricht die Zahl 26,7: folglich enthalten 37 Gran Kohlensäure 10,3 Gran Kohlenstoff und 26,7 Gran Sauerstoff. — Wenn man nicht weiß, wie viele Atome von dem negativen Bestandtheile eines gewissen zusammengesetzten Körpers vorhanden seyen, so suchet man erst die Menge des positiven Bestandtheils; das zum ganzen Gewichte des zusammengesetzten Körpers noch Fehlende muß der Menge des negativen Bestandtheils gleich seyn, die man dann entweder bey dem ein-, zwey-, drey-, oder mehrfachen Verhältnisse desselben, wenn diese, wie beym Sauerstoffe, beym Wasser, und beym Chlor angegeben sind, finden wird. Z. B.: In Fig. B trifft sich bey der Schwefelsäure die Zahl 66. Wie viel Schwefel und Sauerstoff sind darin enthalten. Beym Schwefel findet man etwas mehr als 26; so viel Theile Schwefel sind darin. Beym einfachen Verhältnisse von Sauerstoff steht die Zahl 13; diese macht mit 26 nicht 66; auch die Zahl 26, die beym zweyfachen Verhältnisse von Sauerstoff sich findet, macht mit den 26 Thln. Schwefel erst 52; die Zahl 40 aber, welche dem dreyfachen Verhältnisse von Sauerstoff entspricht, macht mit 26 gerade 66. Das krystallisirte Glaubersalz hat in derselben Figur die Zahl 267. Es bestehet aus 51 Theilen Natron und 66 Theilen Schwefelsäure, dann aus 10 Verhältnissen Wasser; denn erst die Zahl, welche bey 10

Wasser stehet, 150, machet mit 51 und mit 66 die ganze Menge des Glaubersalzes 267. — Diese Beyspiele werden hinreichen zu beweisen, daß man in solchen Fällen, wo es nicht auf die größte Genauigkeit ankommt, mittelst der stöchiometrischen Tafel (wovon das Stück zum Gebrauche ganz fertig um 1 fl. verkauft wird) in weniger als Einer Minute die Resultate von Rechnungen erhalten kann, derer wirkliche Anstellung auch dem geübtesten Rechner wenigstens eine Viertelstunde Zeit gekostet hätte.

141. Abgekürzte Formeln, mit welchen man zusammengesetzte Körper bezeichnet, gewähren eine leichte und augenblickliche Uebersicht der chem. Constitution der letzteren. Zu diesem Zwecke braucht Berzelius als Zeichen für die einfachen Stoffe die Anfangsbuchstaben der lateinischen Benennungen derselben. So bedeutet O den Sauerstoff (Oxygenium), H den Wasserstoff (Hydrogenium) und so weiter. Wenn die lateinischen Nahmen mehrerer einfacher Stoffe denselben Anfangsbuchstaben haben, so wird der nicht metallische mit dem einfachen Anfangsbuchstaben bezeichnet; zu den Anfangsbuchstaben der übrigen aber wird der nächste charakteristische Selbst- oder Mitlaut beygesetzt: so haben zum Beyspiel Carbonium, Chlorum, Calcium, Cadmium, Chromium, Cererium, Cobaltum, Cuprum, denselben Anfangsbuchstaben C; dieser bezeichnet aber nur Carbonium (den Kohlenstoff); die übrigen werden mit Chl, Ca, Cd, Chr, Ce, Co, Cu bezeichnet. In dem Verzeichnisse der einfachen Stoffe Seite 69, findet man neben jedem ponderablen seine Bezeichnung nach diesen Grundsätzen. — Wenn in einem zusammengesetzten Körper der ersten Ordnung einzelne Atome der einfachen Stoffe mit einander verbunden sind, so druckt man dieses durch das Nebeneinandersetzen der Buchstaben ohne Zwischenzeichen aus: so bedeutet z. B. Fe S Schwefeleisen, Hg Chl Calomel oder Quecksilberprochlorid. Sind aber in einem zusammengesetzten Körper der ersten Ordnung mit 1 Atom des positiven Stoffes mehrere Atome des negativen verbunden, so zeigt man die Zahl der letzteren durch einen, wie einen Exponenten zur Rechten angehängten Ziffer an: so bedeutet z. B. FeS^2 Schwefelkies (1 Atom Eisen mit 2 Atomen Schwefel) $HgChl^2$ Aetzsublimat (1 Atom Quecksilber mit 2 Atomen Chlor); SO heißt unterschweflige Säure (1 Atom Schwefel mit 1 Atom Sauerstoff), SO^2 schweflige Säure (1 Atom Schwefel mit 2 Atomen Sauerstoff), SO^3 Schwefelsäure (1 Atom Schwefel mit 3 Atomen Sauerstoff). — In den Formeln für zusammengesetzte

Körper der zweyten Ordnung werden die Atome der zusammengesetzten Körper der ersten Ordnung durch das Zeichen + verbunden: so bedeutet z. B. HS + KO schwefelwasserstoffsaures Kali. Wenn ein zusammengesetztes Atom der ersten Ordnung in einem mehrfachen Verhältnisse die Verbindung der zweyten Ordnung eingehet, so wird dieses durch das Vorsetzen eines Ziffers zur linken (in Form eines Coefficienten) bezeichnet: so bedeutet z. B. $KO + 2\,SO^3$ saures schwefelsaures Kali, d. h. 1 Atom Kali in Verbindung mit 2 Atomen Schwefelsäure. Weil die Bestandtheile der zusammengesetzten Körper der zweyten Ordnung größten Theils Oxyde sind, das Zeichen des Sauerstoffs O mit vielerley Exponenten also zu oft vorkommen würde, so deutet man den Sauerstoff und die Zahl seiner Atome bloß durch Puncte über dem Buchstaben des positiven Körpers, der mit dem Sauerstoffe verbunden ist, an: so bedeutet $\dot{K} + \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{A}$ Salpeter, d. h. 1 Atom Kaliumoxyd mit 1 Atom Salpetersäure, welche aus Stickstoff A mit 5 Atomen Sauerstoff bestehet. Das Wasser wird gewöhnlich nicht mit HO oder $\dot{H}$, sondern mit aq. (aqua) bezeichnet: so heißt $\dot{N}a + \dddot{S} + 10$ aq. Glaubersalz, d. h. schwefelsaures Natron mit 10 Atomen Krystallwasser. Die auf solche Art mit Puncten bezeichneten Anfangsbuchstaben oxydirter Körper werden dann bey Verbindungen der zweyten Ordnung ohne Zwischenzeichen neben einander gesetzt, wie die nicht bezeichneten Anfangsbuchstaben bey Verbindungen der ersten Ordnung: so bedeutet Na S Natriumsulfurid $\dot{N}a\,\dddot{S}$ aber schwefelsaures Natron, $Hg\,Chl^2$ Aetzsublimat (1 At. Quecksilber mit 2 Atomen Chlor), $\ddot{H}g\,\dddot{C}hl^2$ hingegen chlorigsaures Quecksilber (1 Atom Quecksilberperoxyd mit 2 Atomen chloriger Säure). — Um zusammengesetzte Körper der dritten Ordnung in diese Formeln zu bringen, werden die zusammengesetzten Atome der zweyten Ordnung durch das Zeichen + verbunden: so bezeichnet $\dot{K}\dddot{S} + 3\,\dot{A}l\,\dddot{S}$ den wasserfreyen, und $\dot{K}\dddot{S} + 3\,\dot{A}l\,\dddot{S} + 24$ aq. den krystallisirten Alaun. — Zu Formeln für zusammengesetzte Körper der vierten Ordnung werden die zusammengesetzten Atome der dritten Ordnung eingeklammert und dann durch das + Zeichen verbunden: so kann man den gewöhnlichen Alaun auch mit ($\dot{K}\dddot{S} + 3$ aq.) $+ 3$ ($\dot{A}l\,\dddot{S} + 21$ aq.) bezeichnen. — Die Pflanzensäuren werden durch den Anfangsbuchstaben der lateinischen Benennung mit einem darübergesetzten, horizontalen Striche bezeichnet: so bedeutet $\bar{A}$ Essigsäure (acidum aceticum), $\bar{B}$ Benzoesäure, $\bar{C}$ Citronensäure (acid.

citricum), Ō Kleesäure (a. oxalicum) T̄ Weinsteinsäure (a. tartricum) u. s. w.

Berzelius zeigt die Doppelatome auch durch einen horizontalen Strich mitten durch den Buchstaben an: so heißt Hg Chl Aetzsublimat, ein A. Quecksilber mit 2 A. Chlor, S̶ Unterschwefelsäure, d. h. die Verbindung von 2 At. Schwefel mit 5 A. Sauerstoff. — Weil die chemischen Formeln zur Bezeichnung der Zusammensetzung der Fossilien, auf welche Berzelius die Proportionslehre ausdehnt, zu weitläufig wären; so hat er die sogenannten mineralogischen Formeln dadurch abgekürzt, daß er die Oxyde mit den Anfangsbuchstaben ihres Radicals bezeichnet, wie folgende Tafel zeigt:

A Alaun- oder Thonerde	f Eisenprotoxyd	N Natron
Aq. Wasser	G Glycinerde	S Kieselerde
B Baryt	K Kali	St Strontian
C Kalk	M Talkerde	Y Yttererde
F Eisenperoxyd	Mg Manganperoxyd	Z Zirkonerde
	mg Manganprotoxyd	Zi Zinkoxyd u. s. w.

$GS^4 + 2\,AS^2$ ist die mineralogische Formel für den Smaragd, eine Verbindung von Glycinerde mit 4 Atomen Kieselerde oder Kiessäure und von 2 Atomen einer Zusammensetzung aus Alaunerde mit 2 Atomen Kieselerde, oder der Smaragd ist eine Zusammensetzung von 1 Atom Glycinerdequadrisilicat mit 2 Atomen Alaunerdebisilicat. $KS^3 + 3\,AS^2$ bezeichnet den gewöhnlichen Feldspath, d. h. eine Verbindung von 1 Atom Kalitrisilicat mit 3 Atomen Alaunerdebisilicat. — Aus dem Angeführten wird man abnehmen, daß die chem. sowohl als mineralogischen Formeln, ihrem complicirt mathematischen Aussehen ganz entgegen, nur sehr einfache bildliche Darstellungen der chem. Zusammensetzung der Substanzen sind.

(Wenzel, Lehre von der V. der Körper. Dresden 1777. — Bergmann de attractionibus electivis. In den Novis actis reg. societ. sc. Ups. II. und in dessen Opusculis phys. et chemic. — *Essai de Statique chimique. Par C. L. Berthollet. Paris* 1802. Berthollet's Versuch einer chem. Statik: Berlin 1810 und 1811. — H. F. Link über Berthollet's Theorie der V. In Gehlen's Journal 3, 232. In Gilbert's Annal. 30, 12. — Karsten's Revision der chem. Affinitätslehre. Leipzig 1803. — Richter's Anfangsgründe der Stöchiometrie oder Meßkunst chym. Elemente. Breslau 1792. Ueber die neueren Gegenstände der Chymie. 11 Stücke. Breslau 1792—1802. Dalton's neues System des chem. Theils der Naturwissenschaft; übersetzt von F. Wolff. 2 Bände. Berlin 1812. Dalton's Theorie der chem. Verbindungen in Gilb. Annal. 46, 254. — Proust's Arbeiten finden sich in einzelnen Aufsätzen in den französischen physisch-chemi-

schen Journalen, und übersetzt in den deutschen Zeitschriften; die letzteren, vorzüglich jene von Gilbert und Schweigger, enthalten auch die einzelnen Aufsätze von Berzelius. — L. G. Gilbert, Dissertatio historico-critica de mistionum chemicarum simplicibus et perpetuis rationibus. Lipsiae 1811. Uebersetzt in Gilb. Annal. B. 39. — Kastner's Einleitung in die neue Chemie. Halle und Berlin 1814. Meinecke's chem. Meßkunst. Leipzig 1815. Döbereiner's Darstellung der Verhältnißzahlen der irdischen Elemente zu chem. Verbindungen. Jena 1816. — C. G. Bischof's Lehrbuch der Stöchiometrie. Erlang. 1819. — Berzelius Versuch über die Theorie der chem. Proportionen und über die chem. Wirkungen der Elektricität; nebst Tabellen. Uebersetzt. Dresden 1820 Ueber die Bestimmung der relativen Anzahl einfacher Atome in chem. Verbindungen: Gilb. A. 83, 397. 84, 1 und 177. 90, 558. Tafel über die Atomengewichte der elementaren Körper und derer hauptsächlichsten binären Verbindungen: Gilb. A. 90, 566.

C.

Von der Abstossung oder Repulsion.

142. Die abstossende Kraft gehört nicht nur zur Denkbarkeit der Materie überhaupt und vorzüglich zur Construction des Begriffes ihrer Undurchdringlichkeit (§. 10); sie ist nicht nur bey der Elasticität, vorzüglich bey der expansiven der Dampf- und Luftarten thätig: sondern sie äußert sich auch sehr augenscheinlich in größeren Entfernungen. Die gleichnahmigen Pole zweyer Magnete, so wie mit gleichnahmiger Elektricität geladene Körper stossen sich auf sehr merkbare Weiten ab. Die auf eine ebene Glastafel gelegte Glaslinse berührt, nach Newton, die letztere nie vollständig, sondern bleibt von ihr um $1/137$ Zoll entfernt; und durch keine zusammendrückende Gewalt kann man diese Entfernung bis unter $1/1000$ Zoll vermindern; eher brechen Linse und Tafel. Nach Boskowich fängt eine ruhende Kugel sich schon zu bewegen an, wenn eine andere, auf sie zukommende noch in einiger Entfernung ist. — Die Repulsion kann dem zu Folge so wie die Attraction in eine auf bemerkbare Entfernung wirkende und in eine nur in den kleinsten, unmerklichen Abständen, also bey der Berührung thätige eingetheilt werden. — Einige Naturforscher halten die Repulsion so wie die Anziehung für eine der Materie inhärirende Eigenschaft; andere schreiben sie bloß dem Wärmestoffe zu, der sie durch seine Verbindung allen übrigen Stoffen mittheilt. Da aber Repulsion zur Construction des Begrif-

fes von Materie nothwendig ist, so kann man als ihre Ursache nicht eine Materie annehmen. Verliert einst die Ursache der Wärmeerscheinungen ihren Rang unter den materiellen Stoffen, so wird man consequenter die Phänomene der Wärme von der Repulsion, als diese von jenen, herleiten. Noch andere speculative Naturphilosophen halten die Repulsionskraft für die einzige Grundkraft in der Natur, indem sie selbst die Erscheinungen der Anziehung von fremder Repulsion, wodurch die Theile, die sich anzuziehen scheinen, gleichsam nur wie z. B. die magdeburgischen Halbkugeln, aneinander gedrückt werden.

B.

Imponderabilien.

I. Elektricität.

143. Wenn man ein Glasrohr mit Flanell reibt, so erhält es an der geriebenen Stelle einige ganz neue Eigenschaften: es zieht kleine, leichte Körper, z. B. Papierstreifen, Goldblättchen u. dgl. an, stößt sie aber bald darauf wieder ab; es bringt im Gesichte oder in andern empfindlichen Theilen des menschlichen Körpers, denen es genähert wird, die Empfindung hervor, als geriethen sie in ein Spinnengewebe; es riecht nach Phosphor; beym Annähern des Fingers sieht man im Finstern ein Leuchten und hört deutlich ein Knistern; endlich bringt es auch in andern Körpern Wirkungen hervor, die es vor dem Reiben zu erzeugen nicht im Stande war. In diesem Zustande, in welchen nebst dem Glase auch noch viele andere Körper, z. B. Harz, Siegellack, trocknes Holz u. dgl. durch Reiben, durch andere Mittel aber auch alle übrigen Körper versetzt werden können, heißen wir dieselben **elektrisch**, den Zustand selbst **Elektricität**, und die besonderen Wirkungen, welche die Körper in diesem neuen Zustande hervorbringen können, **elektrische Erscheinungen**: der eigene, materielle Stoff, welcher als Ursache der elektrischen Erscheinungen angenommen wird, heißt **elektrische Materie**, Electrum (Blitzstoff?), wofür häufig auch die Benennung Elektricität und im Schreiben die Bezeichnung E. gebraucht wird.

Der Nahme **Elektricität** kommt von der griechischen Benennung des Bernsteins **Elektron** her, an welchem man einige der angeführten elektrischen Erscheinungen, vorzüglich das Anziehen und Abstoßen leichter Körperchen (welches schon **Thales** 600 Jahre vor

Chr. Geb. gekannt, und nebst dem Magnete als Beweis, daß auch die unorganischen Körper beseelt seyen, angeführt haben soll) zuerst bemerkt hatte. Erst in der Mitte des vorigen Jahrhunderts machte man die Beobachtung, daß eine große Anzahl anderer Körper in denselben Zustand versetzt werden kann; und nun lernte man auch nebst den erwähnten eine Menge anderer elektrischer Erscheinungen kennen.

144. Reibung ist nicht das einzige Mittel, Substanzen elektrisch zu machen oder zu elektrisiren; sondern unter gewissen Umständen werden die Körper auch schon durch bloße Berührung in diesen Zustand versetzt: die letzte Erregungsart der Elektricität nennet man die galvanische, und die dadurch erregte Elektricität selbst Galvanismus. Dann werden die Körper auch bey vielen chemischen Veränderungen elektrisch: solche chemische Veränderungen gehen vorzüglich in unserer Atmosphäre vor, und bringen darin die Phänomene des Blitzes und Donners hervor. Ferner gibt es einige Fossilien, die durch Erwärmen elektrisch werden. Endlich können auch einige Thiere nach Willkühr durch eigene Organe ihres Körpers elektrische Wirkungen hervorbringen. Hier soll zuerst von der durch Reiben hervorgebrachten Elektricität, dann vom Galvanismus, darauf von der Elektricität der Atmosphäre gehandelt, endlich auch über die durch Erwärmen erzeugte Elektricität und über dieselbe als physiologische Erscheinung von dem Bekannten das Wichtigste erwähnt werden.

a) Von der Reibungs-Elektricität.

145. So wie die Körper in Hinsicht ihres Verhaltens zur Wärme in gute und schlechte Leiter zerfallen, so wie einige Substanzen das Licht durchlassen, andere nicht: eben so unterscheiden sich auch die mannigfaltigen Bestandtheile unserer Erde in Hinsicht ihres Verhaltens zur E. Einige, wie z. B. Glas, Harz und dgl., werden nur genau an der geriebenen Stelle elektrisch; der daselbst erhaltene elektrische Zustand verbreitet sich nicht über ihre ganze Oberfläche; bey andern Körpern hingegen, z. B. bey den Metallen, verbreitet sich der auch nur an Einem Puncte, auf was immer für eine Art erhaltene elektrische Zustand sogleich über ihre ganze Oberfläche; diese nehmen auch sehr leicht den elektr. Zustand eines andern, ihnen hinlänglich genäherten Körpers an, und theilen ihn wieder andern Körpern von derselben Beschaffenheit in Bezug auf E. eben so leicht mit; je-

nen fehlt sowohl diese Empfänglichkeit als die Gabe der Mittheilung. Körper, über derer Oberfläche sich der elektr. Zustand gleichförmig verbreitet, welche E. leicht annehmen und abgeben, heißen Elektricitätsleiter; die andern von entgegengesetzter Beschaffenheit Nichtleiter, Elektricitäts-Isolatoren. Solche Substanzen, die zwischen beyden gleichsam in der Mitte stehen, oder welche die Eigenschaft der Leiter nur in einem geringen Grade besitzen, heißen unvollkommene Leiter oder Halbleiter. Ein von allen Seiten mit Nichtleitern umgebener Körper heißt isolirt. Elektricitäts-Leiter sind alle Metalle, und zwar in folgender absteigender Ordnung: Kupfer, Gold, Silber, Messing, Eisen, Zinn, Bley, Zink u.s.w.; dann Kohle und Wasser. Alle übrigen Stoffe sind Elektricitäts-Isolatoren, und werden nur durch die Verbindung mit einer größeren oder geringeren Menge von jenen drey genannten Substanzen zu besseren oder schlechteren Leitern: so ist z. B. das Reißbley ein guter Leiter, weil es aus Eisen und Kohle besteht. Die Metalle sollen nach Cavendish 400 Millionen Mahl besser leiten als das Wasser. Metalle und Kohle heißt Volta daher Leiter vom ersten Range, und alle Körper, welche durch ihren Wassergehalt zu Leitern werden, Leiter vom zweyten Range. Unter den letzteren sind die mineralischen Säuren noch die besten Leiter; dann folgen die Salzlösungen, derer Leitungsfähigkeit mit der Menge des gelösten Salzes im Verhältnisse zu stehen scheint: eine gesättigte Kochsalzlauge soll wenigstens 1000 Mahl besser als destillirtes Wasser leiten. Unter die besten Isolatoren gehöret ganz trockene Luft, Glas, Harz (vorzüglich Schellack), Schwefel, vollkommen getrocknetes (gebackenes oder geröstetes) Holz, Seide, Haare, Leder, Pergament u. a. m. Je mehr Feuchtigkeit die Luft oder das Holz enthalten, desto mehr leiten sie. Glas, welches sehr viele Metalltheile enthält, oder welches wegen eines zu großen Gehaltes an Laugensalz Feuchtigkeit anzieht, ist zum Isolator untauglich. Alle lebenden Thiere und Pflanzen sind wegen der enthaltenen Feuchtigkeit Leiter; die Nerven sind vorzüglich gute Elektricitäts-Leiter. Einige Isolatoren werden unter gewissen Umständen, z. B. durch Veränderungen ihrer Form, zu Leitern: so sind Glas, Harz und alle übrigen Isolatoren im glühenden oder im geschmolzenen Zustande Leiter; daher leiten alle Flammen die E.; dagegen nimmt, nach Davy, das Leitungsvermögen der Metalle mit ihrer Erhitzung ab. Das lei-

tende Wasser wird durch Gefrieren zum Isolator; denn Eis bey einer Temperatur, die niedriger als — 13° R. ist, leitet nicht. So ist auch die sonst leitende Kohle im krystallisirten Zustande, im Diamante, ein Isolator. — Die Geschwindigkeit, mit welcher sich die E. durch Leiter bewegt, oder Nichtleiter durchbricht, ist so groß, daß bey einem meilenlangen Wege sich der Eintritt von dem Austritte kaum unterscheiden läßt.

Es gibt eben so wenig ganz vollkommene Elektricitäts-Leiter, als es ganz vollkommene Elektricitäts-Isolatoren gibt; denn kein Metall leitet so gut, daß es nicht der Bewegung der E. einigen Widerstand leistete; daher auch dieser Widerstand, der sich gleichsam in jedem Theilchen des Metalles wiederhohlt, mit der Länge des Metallweges wächst. Eben so wenig verdienen die Nichtleiter ihren Nahmen im strengsten Sinne, indem sie nur sehr schlechte Leiter sind: vollkommene Isolatoren für E. von der stärksten Intensität kennen wir nicht; für sehr schwache E. sind dagegen schon Halbleiter Isolatoren. — Da die Nichtleiter den durch Reiben erhaltenen elektr. Zustand nicht gleich wieder verlieren, so kann man ihn auch noch geraume Zeit nach dem Reiben an denselben wahrnehmen: die Leiter hingegen verlieren die durch Reiben erregte E. fast in dem Augenblicke des Entstehens wieder, wenn sie mit andern Leitern in Verbindung stehen; daher meinte man Anfangs, nur die Nichtleiter könnten durch Reiben elektrisch werden, und die Leiter besäßen diese Fähigkeit gar nicht, und daher nannte man die ersteren elektrische, ursprünglich elektrische oder auch idioelektrische, die letzteren hingegen anelektrische, nur durch Mittheilung elektrische, symperielektrische Körper. Allein auch die Leiter können durch Reiben elektrisch werden, wenn man durch Nichtleiter die Verbindung derselben mit andern Leitern abschneidet: so wird z. B. ein Metall-Cylinder elektrisch, wenn man ihn mittelst einer gläsernen Handhabe hält, und mit einem seidenen Tuche reibt; doch muß bey diesem Versuche alle Vorsicht angewendet werden; indem der Metall-Cylinder, wenn er nur an einem einzigen Puncte mit Leitern communiciret, dadurch in einem Augenblicke seine E. verliert. — Nach Davy (in Gilb. A. 72, 365) wird die E. auch durch den Guericke'schen sowohl als Torricelli'schen leeren Raum geleitet; ob die elektr. Erscheinungen sich durch den ganz leeren Raum fortpflanzen, in welchem Falle die Meinung, daß ihnen ein eigener materieller Stoff zum Grunde liege, erwiesen wäre, erhellet daraus freylich noch nicht, indem die Guericke'sche Leere nicht ganz frey von Luft (§. 95 *), die Torricelli'sche Leere aber nicht ganz frey von den Dämpfen der als Sperrmittel dienenden Flüssigkeit, z. B. des Quecksilbers u. dgl. m. ist. Daher zeigte sich auch das elektr. Licht in der Torricelli-

schen Leere um so deutlicher, je höher die Temperatur des Sperrmittels, je dichter folglich auch die Dampf-Atmosphäre war, welche sich von demselben in die Torricelli'sche Leere verbreitete. Uebrigens ist auch das die Torricelli'sche Leere einschließende oder begränzende Glas kein vollkommener Isolator. — Nach Children's Versuchen steht das Leitungsvermögen der Metalle mit der Mächtigkeit des elektr. Stromes, der zu ihrem Erglühen erfordert wird, im umgekehrten Verhältnisse: nach dieser Untersuchungsmethode folgen die Metalle als Elektricitätsleiter abnehmend so aufeinander: Silber, Zink, Gold, Kupfer, Eisen, Platin. Nach Davy, der die Metalle auf ihr Leitungsvermögen nach einer ähnlichen Methode untersuchte, steht dasselbe in folgendem Zahlenverhältnisse: Silber 65, Kupfer 56 (Bley wahrscheinlich auch 56), Zinn 12, Platin 11, Eisen 6; oder nach einer andern Reihe von Versuchen: Silber 60, Kupfer 55, Gold 40, Bley 38, Platin 10, Palladium 9, Eisen 8 (Gilb. A. 71, 254). Nach Becquerel's mittelst des Schweigger'schen Multiplicators angestellten Versuchen stehet die Leitungsfähigkeit der Metalle in folgendem Zahlenverhältnisse: Kupfer 100, Gold 94, Silber 74, Zink 29, Platin 16,4, Eisen 15,8, Zinn 15,5, Bley 8, Quecksilber 3,5, Kalium 1,33. Nach van Marum's und Ohm's Versuchen folgen die Metalle in derselben Ordnung (Schweigg. J. 44, 359. Pouillet in Gilb. A. 9, 91). Uebrigens kann ein Metall in derselben Zeit um so mehr E. ableiten, je mehr Oberfläche, oder nach Davy, je mehr Masse es derselben darbiethet, und je kürzer die Leitungsstrecke ist. Auch nach Davy's Versuchen wird der beste flüssige Leiter von dem schlechtesten Leiter unter den Metallen viele hunderttausend Mahl an Leitungsvermögen übertroffen; und ein 0,3 Zoll breites, 0,1 Zoll dickes, 1,2 Zoll langes Stückchen Buchsbaumkohle leitete nur so viel E. wie ein 6 Zoll langer und nur 0,0046 Zoll dicker Platindraht. Absoluter Alkohol ist für sehr schwache E. beynahe ein Isolator, sein Leitungsvermögen steigt aber mit dem Zusatze von Wasser. Terpenthinöhl verhält sich wie Alkohol von 0,840, Aether wie absoluter Alkohol. (Gilb. A. 71, 254. Rousseau über das Leitungsvermögen verschiedener Substanzen in Gilb. A. 78, 172. Pfaff's Bestimmung des Leitungsvermögens von Flüssigkeiten durch Schießpulver-Explosionen in Schweigg. J. 48, 280; über das Leitungsvermögen verschiedener saurer, alkalischer und salziger Flüssigkeiten in Schweigg. J. 55, 278. Marianini über das Leitungsvermögen der Flüssigkeiten §. 175* in Schweigg. J. 49, 264). Nach Harris (Gilb. A. 88, 279) ist das Leitungsvermögen der Metalllegirungen geringer als das aus der spec. Leitungsfähigkeit der einzelnen Metalle berechnete.

146. Werden zwey Glasröhren durch Reiben mit derselben Substanz in einem gleichen Grade elektrisch gemacht, so geben sie wohl

gegen andere nicht elektr. Körper alle oben (§. 141) genannten Zeichen ihres elektr. Zustandes; allein gegen einander geben sie kein anderes Zeichen desselben, als daß sie sich wechselseitig abstoßen; denn sie geben keine Funken gegen einander; die Körper, welche die eine Röhre abgestoßen hat, werden auch von der andern zurückgestoßen; sie verlieren durch wechselseitige Berührung ihren elektr. Zustand nicht, u. dgl. m. Der nähmliche Fall tritt ein, wenn man zwey Stangen Siegellack auf dieselbe Weise behandelt. Körper also, welche denselben elektrischen Zustand in gleichem Grade besitzen, geben keine elektrischen Zeichen gegen einander. — Wenn man aber eine Glasröhre und eine Siegellackstange mit Flanell so lange reibt, bis beyde gleiche Grade von E. zeigen; so werden beyde nicht nur gegen andere nicht elektrische Körper die gewöhnlichen, sondern auch wechselseitig (die Glasröhre gegen die Siegellackstange) noch auffallendere Zeichen des elektr. Zustandes äußern: die Funken, welche sie gegen einander geben, sind viel größer und heftiger als diejenigen, welche sie gegen andere Körper geben; ein Gold- oder Papierblättchen, welches von der Glasröhre abgestoßen worden ist, wird von der Siegellackstange angezogen, und so umgekehrt; sie ziehen sich einander selbst viel heftiger an, verlieren aber jedes Zeichen von E., sobald sie sich berührt haben. Da der Grad der E., der Voraussetzung gemäß, in der Glasröhre und in der Siegellackstange gleich ist; so muß der elektr. Zustand, in welchem sich das Glas befindet, von dem elektr. Zustande des Siegellacks verschieden seyn. Es gibt also zwey von einander verschiedene elektrische Zustände.

147. Um die Verschiedenheit dieser elektr. Zustände zu erklären, sind mehrere Hypothesen aufgestellt worden, wovon zwey beynahe gleichen Beyfall, und eine fast gleiche Zahl von Anhängern gefunden haben. Du Fay, der die Verschiedenheit der elektr. Zustände zuerst bemerkte, nahm zur Erklärung derselben zwey Arten von E. an; und da er die eine Art gewöhnlich aus geriebenem Glase, die andere aus geriebenem Harze erhielt: so nannte er jene Glas-, diese Harz-Elektricität. Die beyden Arten von elektr. Materie haben zu den übrigen Naturkörpern verschiedene Verwandtschaftsgrade. Jede Art wirkt für sich expansiv, d. h. die Theile derselben stoßen sich unter einander ab; aber eine Art zieht die andere stark an. Du Fay's Vorstellung ist von Simmer mehr ausgeführt

und in ein ordentliches System gebracht worden. Nach diesem so genannten **dualistischen Systeme** enthält jeder Körper beyde Arten von E., aber eine durch die Verbindung mit der andern so neutralisirt, wie z. B. Alkalien und Säuren sich neutralisiren, oder wie die blaue und gelbe Farbe durch ihre Verbindung in der grünen verschwinden. In diesem neutralen Zustande kann keine E. irgend eine Wirkung äußern, weil sie ihre ganze Kraft zur Neutralisirung der andern verwenden muß; daher heißet man auch die Körper in diesem Zustande **nicht elektrisch**, **o elektrisch** oder auch **natürlich elektrisch**. Durch Reiben (und dasselbe gilt auch von den andern E. erregenden Mitteln) wird die neutrale Verbindung der zwey Elektricitäts-Arten sowohl in dem reibenden als geriebenen Körper zum Theil aufgehoben; es tritt also eine Portion Harz- und eine gewisse Menge Glas-Elektricität in Freyheit. Hat nun der geriebene Körper, die Glasröhre, zur Glas-Elektr., der reibende Körper, der Flanell, hingegen zur Harz-Elektricität eine nähere Verwandtschaft, so behält das Glas nicht allein die in ihm frey gewordene Menge von Glas-Elektr., sondern eignet sich auch noch einen Theil der im Flanell freygewordenen, gleichnahmigen E. zu, hat also nun eine Portion ungebundener Glas-E., befindet sich folglich im glaselektrischen Zustande: der Flanell hingegen zieht nebst seiner ursprünglichen auch noch einen Theil der im Glase freygewordenen Harz-E. an, und versetzet sich dadurch in den Zustand der Harz-Elektr. Siegellack hat eine nähere Verwandtschaft zur Harz-E. als der Flanell, dieser eine nähere Verwandtschaft zur Glas-E. als jenes: durch das Reiben dieser zwey Körper an einander, wird daher das Siegellack harz-, der Flanell hingegen glaselektrisch. Daraus folgt auch, daß das Reibzeug und der geriebene Körper nothwendig immer entgegengesetzte elektrische Zustände zeigen müssen. Auf der Abstossung, welche die auf diese Art frey gewordene E. auf die gleichnahmige in andern Körpern ausübet, und auf der Anziehung, mit der sie auf die ungleichnahmige wirkt, beruhen nun die oben genannten Zeichen des elektr. Zustandes: kommt z. B. ein glaselektrischer Körper in die Nähe eines nicht elektrischen, d. h. mit neutralisirter Elektricität versehenen, so zieht die Glas-E. des elektrischen die Harz-E. des nicht elektrischen stärker an, als diese von ihrer eigenen Glas-E. gehalten wird; dieses Anziehen hat entweder ein Annähern der zwey Körper zur Folge, wenn ihre Massen nicht zu groß sind,

oder es verbindet sich eine Portion der Harz-E. des nicht elektrischen mit der Glas-E. des elektrischen; dadurch wird nun aber der Zustand der Neutralität in dem nicht elektrischen aufgehoben und etwas Glas-E. in diesem frey, wenn er nicht durch Verbindung mit dem allgemeinen Elektricitäts-Behälter, mit der Erde, seinen Verlust an Harz-E. ersetzen, und dadurch die frey gewordene Glas-E. wieder neutralisiren kann.

148. Benjamin Franklin nahm zur Erklärung der elektr. Erscheinungen nur Eine einfache Materie an (daher heißen die Anhänger dieser Hypothese Unitarier), und läßt die zwey elektr. Zustände sich wie Wärme und Kälte unterscheiden. Er sagt nähmlich: Jeder Körper enthält eine seiner ursprünglichen Capacität entsprechende Menge von elektr. Materie, so wie jeder Körper Wärmestoff enthält. Die Erde sammt ihrer Atmosphäre ist für uns der allgemeine Elektricitäts-Behälter. Die elektr. Materie hat ferner dasselbe Bestreben, sich ins Gleichgewicht zu setzen, wie sich der Wst. immer so vertheilt, daß gleiche Temperaturen entstehen. Körper, in denen sich die elektr. Materie im Gleichgewichte befindet (die eine gleiche elektrische Temperatur haben), geben eben so wenig ein Zeichen von E. gegen einander, als Körper von gleicher Wärme-Temperatur Zeichen von Wärme oder Kälte gegen einander geben: sie heißen in diesem Zustande natürlich elektrisch. Durch Reiben, und durch die andern oben angeführten Elektricität erregenden Mittel, wird das elektr. Gleichgewicht gestöret: ein Körper entzieht dem andern eine Portion seiner elektr. Materie, dadurch erhält der erste mehr E. als die umgebenden, unter einander im Gleichgewichte stehenden Körper besitzen, der andere hingegen weniger; beyde werden durch das gestörte Gleichgewicht elektrisch, und zwar der erste durch Ueberfluß oder positiv (elektr. warm), der zweyte durch Mangel oder negativ (elektr. kalt). Daraus folgt, daß das Reibzeug und der geriebene Körper immer entgegengesetzte elektr. Zustände haben müssen, weil der positive seinen Ueberfluß nur von dem erhält, was er dem andern entzieht, wodurch dieser nothwendig in demselben Grade durch Mangel oder negativ elektrisch werden muß. Die Theile der elektr. Materie werden ferner unter einander abgestoßen, von allen übrigen Naturkörpern aber angezogen. Wenn also ein mit Ueberfluß oder positiv elektr. Körper einem natürlich elektrischen genähert wird, so sucht sich das Gleichgewicht der E. in den

zwey Körpern herzustellen: dieses Streben gibt sich Anfangs durch wechselseitige Annäherung zu erkennen; dann aber geht aus dem positiv elektr. Körper eine Portion E. in den natürlich elektrischen über. Kommt ein negativ elektr. Körper einem natürlich elektrischen hinlänglich nahe, so gibt der natürlich elektrische Körper E. an den negativ elektrischen ab. Da aber zwischen einem positiv und negativ elektrischen Körper das Gleichgewicht am meisten gestört, oder der Unterschied der Elektricitäts-Temperaturen am größten ist; so muß aus dem positiven eine größere Menge E. mit größerer Heftigkeit in den negativen übergehen, und die elektrischen Zeichen müssen sich also zwischen zwey solchen Körpern am stärksten äußern.

Durch beyde Hypothesen lassen sich die meisten elektr. Erscheinungen fast gleich gut erklären; und jede von beyden läßt fast gleich viel unerkläret. Obschon es einfacher ist, nur eine Materie anzunehmen, wenn man mit dieser eben so viel erklären kann als mit zweyen, und obschon Franklin's Meinung noch durch die Analogie, die nach ihr zwischen den Erscheinungen der Wärme und der E. Statt findet, unterstützet wird: so sollen doch, um in diesem gleichgültigen Puncte von der unter unsern Zeitgenossen herrschenden Vorstellungsart nicht zu sehr abzuweichen, im gegenwärtigen Werke die elektr. Erscheinungen nach dem dualistischen Systeme erkläret werden. Manchmahl soll jedoch auch die Erklärungsart der Unitarier beygefügt, und dadurch jeder Leser in den Stand gesetzt werden, auch die übrigen Erklärungen nach Franklin's Systeme selbst zu finden. — Da die Benennungen Glas- und Harz-Elektricität deßwegen sehr unpassend sind, weil man sowohl aus Glas als aus Harz, und überhaupt aus allen Körpern nach Verschiedenheit der Behandlung, beyde Arten von E. erhalten kann: so haben auch die Dualisten Franklin's Benennungen angenommen, wenn sie auch damit nicht, wie dieser, Ueberfluß und Mangel ausdrucken, sondern nur auf das Entgegengesetzte beyder Arten von E., welche sich durch Vereinigung wechselseitig eben so, wie mathematisch entgegengesetzte Größen aufheben, und darum bloß in der Trennung wirksam werden können, hindeuten wollen. Die Glas-Elektricität nennen sie positiv, die Harz-Elektricität negativ. Im Schreiben bezeichnet man der Kürze halber positive Elektricität mit + E., negative mit — E.; den natürlich elektrischen Zustand mit ± E.

149. So gewiß es ist, daß zwey Körper, die durch gegenseitiges Reiben elektrisch werden, immer entgegengesetzte E. bekommen; so wenig weiß man noch über den inneren Zusammenhang dieses Mittels mit der hervorgebrachten Wirkung (Biot in Gilb. A. 73, 126),

und so schwer ist es daher, ein Gesetz aufzufinden, nach welchem sich im Voraus bestimmen läßt, welcher von den geriebenen Körpern positiv, welcher negativ elektrisch werden wird; da derselbe Körper nach Verschiedenheit einiger kleiner Nebenumstände bald den positiven, bald den negativen elektr. Zustand annimmt. So wird polirtes Glas mit Wolle gerieben + elektrisch, matt geschliffenes Glas auf dieselbe Weise behandelt enthält — E. Von gleichartigen, an einander geriebenen Körpern wird der glättere, kältere, der nach der Länge geriebene in der Regel positiv, der rauhere, wärmere, der nach der Breite geriebene negativ elektrisch. Von den Metallen werden einige, wie Zink und Wismuth, isolirt mit Tuch gerieben, positiv, andere, wie Zinn und Antimon, negativ elektrisch. Die übrigen Metalle sind in dieser Rücksicht sehr veränderlich: dasselbe Stück Metall nimmt ohne einen bemerkbaren Unterschied in den Hauptbedingungen und Nebenumständen ein Mahl + E., das andere Mahl — E. an.

Jede der gleich zu nennenden, zu elektr. Versuchen vorzüglich gebrauchten Substanzen erhält durch Reiben mit einer der ihr nachstehenden + E., und durch Reiben mit einer ihr vorstehenden — E.: Katzenfell, polirtes Glas, Wolle, Federn, Holz, Papier, Seide, Harz und Siegellack, matt geschliffenes Glas, Metalle, Schwefel. Wenn schwarzer und weißer Seidenzeug an einander gerieben werden, so erhält ersterer + E., letzterer — E. Daher entstehet E., wenn man einen schwarzen seidenen Strumpf über einen weißen seidenen Unterstrumpf auszieht. Schwarze Seide erhält selbst durch Reiben mit Metallen — E.

Elektrisirmaschine.

150. Um größere Flächen mit mehr Bequemlichkeit, mit besserem Erfolge reiben, und die dadurch entwickelte E. nach Belieben verwenden zu können, hat man eigene Elektrisirmaschinen erfunden. Die wesentlichen Bestandtheile einer solchen Maschine sind ein geriebener Körper, ein reibender Körper oder Reibzeug, und ein Hauptleiter oder Conductor. Als geriebenen oder zu reibenden Körper braucht man gewöhnlich Glas, dem man zuerst die Kugelform, später die schon viel zweckmäßigere Walzengestalt gab; jetzt zieht man die Scheibenform den übrigen vor. Fig. 34 stellt eine der einfachsten Scheiben-Maschinen vor. Als Reibzeug braucht man gewöhnlich hölzerne, länglich viereckige Bretchen, die an ihrer inneren, die Scheibe berührenden Fläche mit Leder überzogen und mit dem so genann-

ten **Kienmayer'schen** aus 1 Thle. Zink, 1 Thle. Zinn und 2 Thln. Quecksilber bestehenden, mit etwas Fett versetzten **Amalgame** eingerieben sind. Soll die Maschine zur Hervorbringung sowohl der + als der — E. dienen, so muß das Reibzeug nur mittelst Nichtleiter, also isolirt, an dem Gestelle der Maschine befestigt seyn, zu welchem Zwecke man aber meistens das ganze Gestell durch gläserne Füsse isolirt. Durch Federn und Schrauben müssen die Reibzeuge oder Reibkissen, derer gewöhnlich oben zwey und unten zwey einander gegen über angebracht sind, nach Willkühr mehr oder weniger fest an die Scheibe angedruckt werden können. Die Scheibe ruht mittelst der durch einen eckigen Ausschnitt in ihrer Mitte gehenden Achse auf einem eigenen Gestelle, und wird mittelst der an der Achse angebrachten Kurbel gedreht, wobey sie sich bey ihrem Durchgange zwischen den angedrückten Kissen reiben muß. Um die bey diesem Durchgange erregte E. zu verhindern, von der Scheibe, nachdem sie zwischen den Reibzeugen hervor tritt, wieder in diese zurückzufließen oder sich sonst zu zerstreuen, sind an den Reibzeugen Verlängerungen von Wachstaffet angebracht, welche die beyden Flächen der Scheibe fast bis zu den Zuführern des Conductors begleiten. Der Conductor oder Hauptleiter ist ein hohler Cylinder von polirtem Messingbleche, der allenthalben, so viel möglich, abgerundet ist, und auf Nichtleitern, meistens auf Glasfüssen, die mit Siegellack überzogen sind, ruht. An dem der Scheibe zugekehrten Ende ist er mit zwey Armen versehen, die mit ihren zwey Quer-Cylindern der Scheibe so nahe, als es ohne Berührung möglich ist, gebracht werden können, und **Zuleiter** heißen. Wenn der Conductor für die + E. und für die — E. bey derselben Maschine dienen soll, müssen die Zuleiter gedreht werden können, damit sie, wenn der Conductor + E. erhalten soll, der Glasscheibe an den vom Reibzeuge am meisten entfernten Stellen, und wenn der Conductor negativ elektrisch werden soll, dem Reibzeuge selbst genähert werden können.

Wird die Scheibe, bey gehörig angepreßten Reibzeugen gedreht, so wird durch die Reibung das elektr. Gleichgewicht zwischen der Scheibe und zwischen den Reibzeugen aufgehoben: die Scheibe raubt den Reibzeugen einen Theil ihrer + E., und gibt dafür einen Theil ihrer — E. an dieselben ab; die Scheibe wird dadurch +, das Reibzeug hingegen — elektrisch. Die positive Glasscheibe kommt nun in die Nähe des metallenen Zuleiters; ihre + E., von der negativen des Conductors angezogen, verbindet sich damit, und der Conductor muß auf solche Weise

theils durch Verlust an — E., theils durch Gewinn an + E. positiv elektrisch werden, weil die verminderte Menge von — E., die vermehrte von + E. nicht mehr zu neutralisiren vermag. Dieses wird bey jeder Umdrehung der Scheibe wiederhohlt, und daher immer mehr + E. im Conductor (weil er ein Leiter ist, gleichförmig über seine ganze Oberfläche) angesammelt. Je mehr + E. das Reibzeug an die Scheibe, und je mehr — E. die Scheibe und der Conductor an das Reibzeug abgegeben haben, desto mehr werden sie daran erschöpft, ohne bey guter Isolirung diesen Verlust ersetzen zu können. Deßwegen müssen auch die Wirkungen der Maschine immer schwächer werden. Die Reibzeuge müssen daher, wenn es darauf ankommt, den Conductor positiv elektrisch zu machen, durch Leiter, z. B. metallene Kettchen, mit dem Boden in Verbindung gesetzt werden, damit sie auf diesem Wege ihren Ueberschuß an — E. in die Erde abfließen lassen, und ihre verlorne + E. aus derselben Quelle wieder ersetzen, sich folglich immer in dem neutralen elektr. Zustande erhalten können. Will man den Conductor negativ elektrisch machen, so nähert man die Zuleiter den Reibzeugen, welche aber jetzt nothwendig isolirt bleiben müssen; wogegen die Scheibe in eine leitende Verbindung mit dem Erdboden gebracht wird; die Reibzeuge können in diesem Falle den durch das Abgeben an die Scheibe erlittenen Verlust an + E. nur aus dem Conductor ersetzen, und nur an diesen den erhaltenen Ueberfluß von — E. abgeben; dieser verliert also eine Portion seiner + E., erhält dafür — E., und muß aus dieser doppelten Ursache — elektrisch werden. Nach der Vorstellungsart der Unitarier gibt das Reibzeug elektr. Materie an die Scheibe und diese an den Conductor ab; dadurch muß die Scheibe und der Conductor durch Ueberfluß, das Reibzeug durch Mangel elektrisch werden: das Uebrige ergibt sich von selbst. Der geriebene Körper darf eben nicht immer Glas seyn: in Pikel's Maschine ist er von Holz, in Lichtenberg's von Wollenzeug, in Ingenhouß's von überfirnißtem Taffet, in Göttling's von Messing, in van Marum's von Gummilack in Quecksilber gerieben. Bey größeren Maschinen hat man auch zwey concentrische parallele Glasscheiben.

151. Der Conductor hat die Bestimmung, die frey gewordene E. aufzunehmen, und den Experimentator in den Stand zu setzen, die ganze durch längeres Reiben frey gemachte Menge derselben auf Ein Mahl nach Belieben zu verwenden. Deßwegen muß der Conductor auch nothwendig aus einem leitenden Stoffe seyn; weil ein Nichtleiter nur theilweise, im Puncte der Berührung oder der größten Annäherung die E. fahren lassen, und folglich alle großen Wirkungen unmöglich machen würde. Der Conductor muß aber isolirt

seyn, weil sonst die aufgenommene E. sich mit der entgegengesetzten der Umgebungen neutralisiren, mit den letzteren ins Gleichgewicht setzen und also keine elektr. Erscheinungen geben würde. Da der Conductor größten Theils mit Luft umgeben, und diese nur im ganz trocknen Zustande ein Nichtleiter ist: so müssen elektr. Maschinen bey feuchter Witterung oder in Zimmern, in denen die Luft mit Wasserdämpfen überladen ist, viel von ihrer Wirksamkeit verlieren. Jeder andere isolirte Leiter, der mit dem Conductor in leitende Verbindung gesetzt wird, erhält mit ihm den nähmlichen elektr. Zustand in gleichem Grade: z. B. Menschen, die auf Harzkuchen oder Schemmeln mit gläsernen Füssen, Isolir-Schemmeln, stehen, und eine am Conductor befestigte Metallkette in der Hand halten. Durch solche Verbindungen wird der Conductor nur vergrößert.

Die größte Elektrisir-Maschine mit zwey Scheiben war die von Cuthberson für das Teyler'sche Museum zu Harlem verfertigte. Jede Scheibe hat 64 Zoll im Durchmesser, also beyläufig die Größe eines Lastwagenrades. Die 8 Kissen, woran die Scheiben gerieben werden, sind von 15 1/2 Zoll Länge. Der Conductor hat 23 1/2 Quadratfuß Oberfläche und wird von Glassäulen getragen, die 57 Zoll hoch sind. Zwey Menschen sind nothwendig, um die Maschine in Bewegung zu setzen, und, wenn dieß anhaltend geschehen soll, müssen sie mit zwey andern abwechseln. (Beschreibung einer ungemein großen Elektrisir-Maschine u. s. w. durch M. van Marum. Leipzig 1786. 4to). Eine eben so große Elektrisir-Maschine, gleichfalls mit 2 Scheiben von 64 W. Zoll im Durchmesser, ist im physikalischen Cabinette des k. k. polytechn. Institutes in Wien aufgestellt worden. — In Gren's Journal der Physik findet man häufig Beschreibungen von Elektrisir-Maschinen und derer Verbesserungen.

Elektrische Anziehung und Abstossung.

152. Die Anziehung und Abstossung, welche einige geriebene Substanzen gegen andere leichte Körper ausüben, waren die zuerst beobachteten elektr. Erscheinungen. Später bemerkte man, daß Körper von verschiedenem elektr. Zustande sich anziehen, Körper von gleichem elektr. Zustande sich abstossen. Natürlich elektr. Körper (welche gegen einander gar kein Zeichen von E. geben, sich folglich weder anziehen noch abstossen) werden also sowohl von positiv als von negativ elektr. Körpern angezogen; eben so ziehen sich positiv und negativ elektr. Körper wechselseitig an: allein zwey positiv elektr. Körper stossen sich

wechselseitig eben so ab, wie zwey negativ elektr. Körper. Diese Anziehung und Abstossung äußert sich auf eine gewisse Entfernung, welche man den elektrischen Wirkungskreis oder die elektrische Atmosphäre nennet. Von zwey ungleichnahmig elektr. Körpern nähert sich der beweglichere dem unbeweglicheren, wenn er in dessen Nähe kommt, und wenn die Anziehung seiner Masse gewachsen ist: von zwey gleichnahmig elektr. Körpern entfernt sich unter diesen Bedingungen der beweglichere.

Um die Phänomene der elektrischen Anziehung und Abstossung zu zeigen, bedient man sich sehr leichter und beweglicher Körper, z. B. Kügelchen von Kork oder Hollundermark, Stückchen Goldpapier, die an seidenen Fäden hängen. Bringt man ein solches Korkkügelchen in die Nähe eines geladenen Conductors, so wird es von ihm angezogen; so wie es mit demselben in Berührung ist, erhält es durch Mittheilung den gleichnahmig elektr. Zustand, und wird abgestossen; so bald es aber wieder durch Berührung mit der Luft oder mit andern Körpern seinen elektr. Zustand verloren hat und natürlich elektrisch geworden ist, wird es vom Conductor abermahls angezogen: auf diese Weise dauert es fort, so lange der Conductor selbst noch + oder — E. besitzt. Nimmt man zwey solche Kügelchen, welche mit ihren leitenden Fäden an demselben Puncte aufgehängt sind, sich also berühren; so werden sie zuerst beyde von dem Conductor angezogen, dann abgestossen, nun aber stossen sie auch einander selbst ab, weil sie durch Mittheilung einen gleichen elektr. Zustand erhalten haben.

153. Die Dualisten erklären das Voneinanderweichen gleichnahmig elektr. Körper und das Nähern ungleichnahmig elektr. Körper sehr leicht aus der jeder Art von elektr. Materie beygelegten Eigenschaft, E. ihrer eigenen Art abzustossen und E. der entgegengesetzten Art anzuziehen. Sind die zwey Körper A und B beyde entweder positiv oder negativ elektrisch, so stößt die E. des A die des B ab; die in jedem vorhandene E. kann aber wegen ihrer Haftung an dem ponderablen Stoffe sich nicht entfernen, wenn dieser nicht mitgeht; folglich zeigt sich die Abstossung gleichnahmiger E. durch das Voneinanderweichen der damit begabten Körper A und B. Ist A positiv, B negativ elektrisch: so zieht die + E. des A, die negative des B an; durch diese Anziehung werden die Körper A und B, wenn sie hinlänglich beweglich sind, einander genähert. Ist A positiv oder negativ, B aber natürlich (d. h. neutral) elektrisch; so läßt sich ihr Nähern nur aus der Anziehung erklären, welche die freye E. in A gegen

die ponderable Materie des Körpers B ausübet. — Franklin's Anhänger erklären das Anziehen ungleichnahmiger und das Abstossen gleichnahmig elektr. Körper auf folgende Weise: Ist der Körper A positiv, der Körper B natürlich elektrisch; so wird die in B vorhandene natürlich elektrische Materie von der in A angehäuften zwar abgestossen, allein die ponderable Materie in B von der elektrischen Materie in A noch stärker angezogen, und die zwey Körper nähern sich folglich mit dem Ueberschuße dieser Anziehung. Ist A positiv und B negativ elektrisch; so ist wegen der in B vorhandenen geringeren Menge von E. die Abstossung geringer, die Anziehung aber die nähmliche; diese wirkt also, da ihr durch jene weniger Abbruch geschieht, stärker, und die zwey Körper müssen sich folglich mit noch mehr Gewalt anziehen. Sind A und B im natürlichen elektr. Zustande; so stossen sich die in beyden vorhandenen natürlichen Mengen von elektr. Materie eben so stark ab, als die E. von A die ponderable Materie von B, und die E. von dieser die ponderable Materie von jener anzieht: Anziehung und Abstossung stehen im Gleichgewichte, die Körper folgen also weder der einen noch der andern. Sind A und B aber beyde positiv, so überwiegt die wechselseitige Abstossung der elektr. Materie die gegenseitige Anziehung der elektrischen und ponderablen Materien, und die Körper müssen auseinander weichen. — Am schwersten ist es, die Abstossung zweyer negativ elektr. Körper zu erklären: gewöhnlich erkläret man sie durch eine größere Anziehung der ponderablen Materie dieser Körper von der in den natürlich elektrischen Umgebungen vorhandenen elektr. Materie.

Der Satz, daß gleichnahmig elektr. Körper sich abstossen, ungleichnahmig elektr. Körper sich anziehen, findet sich durch eine Menge von Thatsachen bestätigt. Auf ihn gründet sich eine große Zahl von mannigfaltigen, mehr zur Belustigung als zur Belehrung dienenden Versuchen, wie auch die Einrichtung von Instrumenten, womit man die Art und den Grad der E. bestimmt, oder der sogenannten Elektrometer. Unter jene elektrischen Belustigungsversuche gehören: das Auseinandergehen von Haaren oder Fäden, die in ein Büschelchen zusammengebunden elektrisirt werden: deßwegen fühlt ein Mensch, der auf dem Isolirschemmel mit dem geladenen Conductor in Verbindung steht, wie die Haare sich sträuben; Baumwolle bläht sich auf; Wasser läuft in einem Strome durch Haarröhrchen. Hierher gehört auch die elektr. Spinne, der Feuerregen; das elektr. Glockenspiel: um eine isolirte größere Glocke in der Mitte stehen rund herum in geringer Entfernung nicht isolirte kleinere Glöckchen; zwischen jedem die-

ser letzteren und der größeren Glocke hängt ein Metall-Stückchen an einem seidenen Faden: wird die mittlere Glocke elektrisch gemacht, so zieht sie das Klöppelchen an, stößt es, so bald sie ihm ihren elekt. Zustand mitgetheilt hat, ab; dieses wird nun von dem kleineren, gegenüberstehenden Glöckchen angezogen, verliert bey dessen Berührung seine E., und wird nun wieder von der mittleren Glocke angezogen; die Oscillations-Bewegung, in welche das Klöppelchen versetzt wird, macht das dadurch verursachte Geläute noch regelmäßiger. Der elektrische Tanz: Ein weiter, einige Zoll hoher Glas-Cylinder ist oben und unten mit einer metallenen Scheibe geschlossen; zwischen beyden befinden sich aus leichtem Stoffe verfertigte, oben und unten etwas zugespitzte Figuren; wenn die obere Scheibe elektrisirt, die untere mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt wird, so hüpfen die Figuren in den lächerlichsten Gruppirungen zwischen beyden auf und nieder. Diese Spielereyen lassen sich nach Willkühr vervielfältigen, so bald man einmahl weiß, worauf es dabey ankommt.

154. Auf dem Abstossen, welches gleichnahmig elektr. Körper gegen einander ausüben, und dessen Stärke, so wie die Entfernung, auf welche es sich erstreckt, mit der Intensität des elektr. Zustandes oder mit der elektr. Spannung im geraden Verhältnisse stehen, beruhet die Einrichtung der Elektrometer oder Elektroskope. Kanton bediente sich hierzu zweyer Kügelchen aus Kork oder Hohlundermark, die an zwey feinen Zwirnfäden so herabhängen, daß sie sich berühren: nähert man diese Kügelchen einem elektr. Körper, so weichen sie um so weiter auseinander, je stärker die elektr. Ladung oder Spannung ist. Das am häufigsten gebrauchte Henley'sche Quadranten-Elektrometer, welches mit seinem leitenden Fuße auf den elektrisirten Körper gestellt, oder auf eine andere Art daran befestigt wird, zeigt Fig. 35, und bedarf weiter keiner Erklärung.— Um sehr geringe Grade von E. zu messen, oder vielmehr zu erkennen, bedient man sich des Benner'schen Elektroskops (Fig. 44), welches aus zwey Streifen von Blattgold besteht, die an dem leitenden Deckel eines gläsernen Cylinders befestigt sind, und sehr nahe, parallel an einander, in den Cylinder hinab hängen: wird diesem Instrumente durch den leitenden Deckel nur der geringste Grad von E., z. B. durch eine vorbeyziehende leichte Wolke, durch Reiben mit einem Federkiele, durch Verdunsten von Wasser, mitgetheilt; so weichen die Goldblättchen aus einander. Wegen seiner zu großen Empfindlichkeit ist es bey größeren Graden von E. gar nicht mehr anwendbar. — Die nähmlichen Instrumente können auch dazu dienen,

die Art des elektr. Zustandes eines Körpers zu erforschen. Man sezzet nähmlich das Elektrometer durch eine bekannte Art von E. in Thätigkeit, und bringt es dann mit dem Körper von unbekannter E. in Verbindung: steigt nun das Elektrometer noch mehr, so hat der letzte Körper mit dem ersten gleichen elektr. Zustand; fällt es, so hat er die entgegengesetzte E. Wenn z. B. die zwey Goldblättchen am Bennet'schen Elektroskope durch die — E. einer geriebenen Siegellackstange aus einander getrieben worden sind, und man bringt ein mit Flanell geriebenes, matt geschliffenes Glas in die Nähe desselben, so gehen die Blättchen noch mehr auseinander: bey Annäherung einer auf dieselbe Art geriebenen polirten Glastafel fallen die Goldblättchen zusammen; folglich hat das matt geschliffene Glas — E., das polirte + E. Oder man bringe an das von einer unbekannten E. in Bewegung gesetzte Elektroskop eine geriebene Siegellackstange; fallen die Blättchen zusammen, so war jene E. positiv; fahren sie fort auseinander zu weichen, so war sie negativ.

Ueber Langenbucher's, Achard's, De Luc's, Brook's, Cavallos, Volta's, Saussure's Elektrometer siehe „D. Heidmann's Theorie der Elektricität.« Wien 1799. Durch seine elektrische Wage (Hauy's Physik, übersetzt von Weiß, S. 518 u. d. f.) suchte Coulomb das Gesetz, welches schon aus der gleichförmigen Verbreitung der elektr. Wirksamkeit noch allen Seiten gefolgert werden konnte, nachzuweisen, daß die elektr. Anziehung und Abstossung abnehmen, wie die Quadrate der Entfernungen zunehmen. Coulomb's Resultate wurden von Parrot zum Theil, von Simon (wenn man dessen Rechnung berichtigt) und Egen ganz bestätigt gefunden, durch die Versuche von Mayer und Kämtz aber zweifelhaft gemacht. Coulomb in Gren's n. J. der Phys. 3, 52. — *Biot traité de phys. expériment. et math.* 2. — Parrot in Gilb. A. 60, 22, und 61, 253. — Simon in Gilb. A. 28, 277. — Mayer in comment. soc. reg. scient. Goetting. p. 5. — Egen in Gilb. A. 81, 199 und 281. — Rousseau's elektrometrischer Apparat zur Bestimmung des Leitungsvermögens verschiedener Substanzen: in *Annal. de chim. et phys.* 25, 373, und in Gilb. A. 78, 192). Ueber Elektrometer, welche nicht allein den Grad, sondern auch die Art der E. angeben, s. Schweigg. J. 25, 135, 158. Ein solches Elektrometer wird später §. 179 beschrieben werden; und von dem empfindlichsten Reagens für den elektr. Strom, von dem Schweigger'schen Multiplicator, kann erst später beym Magnetismus gehandelt werden — Die Elektrometer sind das in Beziehung auf die E., was die Thermometer in Beziehung auf die Wärme sind: die erstern zeigen eben so wenig die absolute Menge der

E. an, als die letzteren die absolute Menge des Wärmestoffes in den Körpern angeben; beyde deuten bloß die Menge von E. und von Wärmestoff im Verhältnisse zu der Capacität der Körper für beyde Stoffe an. Elektrische Spannung ist dasselbe rücksichtlich der E., was Temperatur rücksichtlich der Wärme ist. Dieselbe Menge von E. bringt in einem Körper, der eine große Capacität für die E. hat, eine kleine Spannung hervor, während sie in einem andern Körper von kleiner Capacität eine große Spannung bewirkt. Was die Elektrometer durch das Auseinandergehen zweyer abgesonderter Körper anzeigen, das zeigen die Thermometer durch das Auseinandergehen der Theile desselben Körpers, d. h. durch die Ausdehnung des letzteren an. So wie sich dem Gefühle nur die Wärmetemperatur offenbaret, so richten sich die elektrischen Erschütterungen, d. h. die Wirkungen der E. auf das Gefühl, nur nach der elektr. Spannung, d. h. nach der Elektricitäts-Temperatur.

Mittheilung der Elektricität.

155. Wenn zwey isolirte Leiter von verschiedenen elektr. Zuständen auch nur in einem Puncte mit einander in Berührung kommen; so setzet sich die elektr. Materie augenblicklich zwischen beyden ins Gleichgewicht, so daß beyde unmittelbar darauf denselben elektr. Zustand in gleichem Grade zeigen. Ist einer der Körper positiv, der andere natürlich elektrisch, so eignet sich die + E. des ersteren etwas von der — E. des natürlich elektrischen zu, wodurch ein Theil der + E. des letzteren in Freyheit tritt, dieser folglich auch + E. zeigt. Ist ein Körper positiv, der andere negativ elektrisch; so wird durch die + E. des einen Körpers die — E. des andern neutralisirt, wodurch beyde in den natürlich elektr. Zustand zurücktreten. Ist die vorhandene Menge der einen Elektricitäts-Art nicht hinreichend, die andere ganz zu neutralisiren: so bekommen beyde Körper einen zwar schwächeren, aber gleichnahmigen elektr. Zustand von der vorherrschenden E. Ein Körper mit + E. bekommt von einem andern, natürlich elektrischen um so mehr — E., je größer, bey was immer für einer Masse, die Oberfläche des letzteren ist, und er braucht um so mehr — E. zur Neutralisirung seiner + E., je größer seine eigene Oberfläche ist. Die S ä t t i g u n g s - C a p a c i t ä t der Körper für die elektr. Materie, d. h. die Menge, die sie davon zu einer gleichen elektr. Spannung bedürfen, richtet sich also nach der Oberfläche oder Ausdehnung, und nicht nach der Masse. Isolirte, natürlich elektr. Leiter erhalten durch Berührung mit positiv oder negativ

elektr. Körpern mit diesen zwar den gleichen elektr. Zustand, aber die gemeinschaftliche Spannung nach der Berührung ist um so viel kleiner, als die Oberfläche beyder Körper zusammengenommen jene des elektr. Körpers vor der Berührung an Ausdehnung übertrifft: ist z. B. die Spannung eines elektr. Körpers, dessen Oberfläche Einen Quadratfuß beträgt = 3, so wird nach der Berührung mit einem natürlich elektr. isolirten Leiter von 2 Quadratfuß Oberfläche die gemeinschaftliche elektr. Spannung beyder = 1 seyn. Durch seine leitende Verbindung mit der Erde verlieret jeder Körper seinen + oder — elektr. Zustand gänzlich, weil die Erde gegen denselben als unendlich groß angenommen werden kann. Ist einer der Körper ein Nichtleiter, so erfolgt die Mittheilung viel schwieriger, und nur immer in dem Puncte der Berührung. Ist der Körper mit + E. ein Nichtleiter, zum Beyspiel eine Glasscheibe, und man berührt sie mit der größten Fläche einer natürlich elektr. polirten Metallplatte; so gibt jene von ihrer + E. fast gar nichts an die Metallplatte und diese nichts von ihrer — E. an die Glasscheibe ab. Eben so schwierig geschieht die Mittheilung, wenn die Metallplatte +, die Glasscheibe dagegen natürlich oder — elektrisch ist. Berührt man die + elektr. Glastafel mit der Kante, mit der Ecke oder mit den Spitzen eines natürlich elektr. Leiters; so neutralisirt sich die + E. der Glastafel wohl durch die — E. des Leiters, allein nur zunächst an den Berührungspuncten der Spitzen; die übrigen, selbst benachbarten Theile der Glastafel behalten ihre E. Unter denselben Bedingungen und mit denselben Einschränkungen neutralisiren sich die verschiedenartigen Elektricitäten eines natürlich oder negativ elektr. Nichtleiters und eines + elektr. Leiters. — Da die Abstossung gleichnahmiger und die Anziehung ungleichnahmiger E., so wie auch die Anziehung zwischen den elektrischen und ponderablen Materien, sich auf eine gewisse Entfernung erstrecket; so muß auch die Mittheilung schon in dieser Entfernung Statt finden, wenn derselben kein Hinderniß, d. h. kein Nichtleiter, im Wege steht: also nur im luftleeren Raume, oder in sehr verdünnter Luft. Im luftleeren Raume verlieren Leiter ihren elektr. Zustand ebenfalls viel schneller und vollständiger als Nichtleiter.

Dieses Mittheilen oder Ausströmen der E. im luftleeren Raume ist immer mit einer Lichtentwicklung verbunden, welche sehr viele Aehnlichkeit mit dem Nordlichte hat. Mittelst einer an beyden Enden mit

messingenen Fassungen geschlossenen luftleeren Glasröhre, die man mit der einen Fassung in der Hand hält, mit der andern einem + oder — Conductor nähert, kann man durch dieses Ausströmen der E. sehr angenehme Lichterscheinungen hervorbringen, die sich durch allerley Modificationen am Apparate, wodurch die Gestalt eines Wasserfalls, der Sonne u. dgl. erhalten wird, sehr verv ielfältigen lassen. Sogar zur Straßenbeleuchtung ist dieses elektr. Licht von Meinecke (in Gilb. A. 62 87.) vorgeschlagen worden (Davy, über die elektr. Erscheinungen im luftleeren Raume in Gilb. A. 72, 357).

156. In trockener, also schlecht leitender, atm. Luft muß die Anziehung der verschiedenen Elektricitäten zweyer Körper oder die Anziehung der angehäuften Elektricitäts-Art des einen zur ponderablen Materie des andern, ehe es zur Mittheilung kommt, so groß werden, daß sie den Widerstand der Luft überwinde. Die Stärke jener Anziehung wächst mit der elektr. Spannung und mit der Abnahme der Entfernung. Je größer also die elektr. Spannung zwischen zwey Körpern, d. h. der Unterschied ihres elektr. Zustandes ist, auf desto größere Entfernungen erfolgt der Uebergang: bey verschiedenen elektr. Spannungen müssen Körper um so mehr genähert werden, ehe die E. die Luft durchbricht und sich ins Gleichgewicht setzet, je geringer jene Spannungen sind; Körper mit stark gespannter Elektricität lassen sich dagegen sehr schwer isoliren. — Der Erfahrung zu Folge geschieht die Mittheilung der E., wenn die elektr. Materie, um die geringste Menge des vorhandenen Hindernisses überwältigen zu dürfen, sich sehr zusammenzieht und dann in diesem zusammengepreßten Zustande das Hinderniß (in dem gegebenen Falle die Luft) durchbricht, immer mit einer Art von Detonation, mit Funken und mit einem eigenen Geräusche, mit einem Schlage, wie man zu sagen pflegt. Die Strecke, auf welche Funken aus einem elektr. Körper gezogen werden können, heißt seine Schlagweite, die also, wie aus dem Gesagten erhellet, immer geringer ist als die Strecke, auf die er anziehend und abstossend gegen andere Körper wirket.

Aus dem Conductor der Teyler'schen Maschine konnte man 300 Mahl nach einander 24 Zoll lange Funken von der Dicke eines Federkieles ziehen, die sich an ihren Krümmungen in viele noch sehr beträchtliche Nebenfunken verästelten. Die E. bewegt sich dabey so geschwind, daß man nicht zu bemerken im Stande ist, aus welchem der beyden genäherten Körper der Funke kommt, und in welchen er fährt. Ueberhaupt ist die Geschwindigkeit der Bewegung der E., da uns zu ihrer

Messung nicht so große Räume als wie zu jener des Lichts zu Gebothe stehen, bisher noch gar nicht bestimmt worden.

157. Die Schichte von elektr. Materie, welche sich auf der Oberfläche eines elektrisirten, isolirten Leiters ansammelt, hat nur dann überall eine gleiche Dichte, wenn der Leiter eine Kugel ist; auf Leitern von jeder andern Form ist die Dichtigkeit dieser Schichte in jenen Puncten, die einer Spitze ähnlich sind, immer viel größer, als in den ganz flachen, oder sehr flach abgerundeten Theilen: z. B. bey einem Ovale an den beyden Enden des größten Durchmessers, bey einer Scheibe an dem Rande, bey einem Würfel an den Ecken; an der Spitze eines Kegels ist sie unendlich groß. Da nun die Abstossung, welche die Theile der elektr. Materie gegen einander ausüben, mit der Dichtigkeit im geraden Verhältnisse wächst; so muß der Uebergang der E. auf eine viel größere Entfernung erfolgen, wenn einer von den verschieden elektr. Körpern sich dem andern mit einem spitzigen Theile nähert, oder wenn beyde Körper sich Spitzen zukehren: ein geladener Conductor, der z. B. gegen eine Metallfläche auf 5 Zoll Funken gibt, wird die E. gegen eine Metallspitze schon auf 10 Zoll ausströmen. Je mehr sich die Gestalt des funkenziehenden Körpers der spitzigen Form nähert, auf desto größere Entfernungen eignet er sich die der seinigen entgegengesetzte E. eines andern Körpers zu, und desto weiter gibt er seine freye E. an andere Körper ab; also ein abgerundeter Körper auf größere Entfernungen als ein flacher; der Knöchel des Fingers daher weiter als die Handfläche. Ja selbst Nichtleiter nehmen von und durch Spitzen leichter E. an, und geben sie auf diese Weise leichter ab: daher müssen an einer Elektrisirmaschine die der Scheibe zugekehrten Flächen der Zuleiter mit Spitzen oder scharfen Kanten besetzt werden, oder wenigstens zugerundet seyn; deßwegen muß der isolirte Conductor und jeder Körper, der geladen werden soll, allenthalben so viel als möglich, abgerundet seyn, weil er durch Spitzen die erhaltene E. sogleich an die Luft abgeben, und die entgegengesetzte sich zueignen, also seinen elektr. Zustand verlieren würde. Dieses geräuschlose und allmähliche Abgeben der E. durch Spitzen heißt man das Ausströmen derselben, so wie das Aufnehmen auf diesem Wege das Einsaugen. An den Spitzen eines mit + E. geladenen Körpers bemerkt man nebst einem Wehen oder Blasen wie von einem sanften Zuglüftchen, im Dunkeln einen aus bläulicht weißen divergirenden Strahlen bestehenden Lichtkegel, dessen

Spitze mit der ausströmenden Metallspitze zusammenfällt (Fig. 36 x); an der Spitze eines negativ elektr. Körpers bemerkt man nur einen kleinen leuchtenden Punct um dieselbe (Fig. 36 y).

Dieß gibt auch ein Mittel an die Hand, + und — E. zu unterscheiden: ist der Conductor positiv geladen, so zeigt die an ihm befestigte Spitze den Lichtkegel; ist er negativ, so zeigt sie den Lichtpunct. Da rauhe Körper an ihrer Oberfläche mit sehr vielen kleinen Spitzen besetzt sind, so erhellet daraus, daß die zur Ansammlung von E. bestimmten Vorrichtungen polirte Oberflächen haben müssen. Der gewöhnliche Zündschwamm ist als ein vorzüglicher Elektricitäts-Einsauger bekannt, weil die feinen Fasern, die im gewöhnlichen Zustande auf seiner Oberfläche liegen, sich gegen jeden elektr. Körper, dem er genähert wird, empor richten (Gilb. A. 73, 127).

158. Es sey aber ein Körper noch so gut abgerundet, ja selbst eine Kugel, und seine Oberfläche sey noch so gut geglättet: so verliert er doch nach und nach seine + oder — E., und setzt sich mit den umgebenden Körpern ins Gleichgewicht. Die Ursache davon ist die aus der Unvollkommenheit aller unserer Nichtleiter, die eigentlich nur schlechte Leiter sind, entspringende Unmöglichkeit einer absoluten Isolirung. So sind z. B. unsere Conductoren durch Glasfüsse und durch Luft isolirt. Die Glasfüsse, selbst wenn sie ganz trocken bleiben, leiten doch nach und nach die E. zu oder ab, vorzüglich wenn der Conductor einen elektr. Zustand in sehr hohem Grade besitzt. Durch Verlängerung der Füsse kann man dieses Ableiten wohl verzögern, aber nie ganz hindern. Noch größer ist der Verlust, den elektr. Körper durch die umgebende Luft erleiden, da diese nie ganz trocken und ruhig ist, folglich selbst den besten durch Reiben elektrisch gewordenen Nichtleiter wieder mit den übrigen Körpern ins elektrische Gleichgewicht setzet.

Coulomb hat gefunden, daß, um zwey Conductoren von verschiedener elektr. Spannung gleich gut zu isoliren, sich die Längen der gläsernen Träger wie die Quadrate der Spannungen verhalten müssen, d. h. daß ein Conductor von doppelter Spannung vier Mahl so lange isolirende Träger braucht, als ein anderer von einfacher Spannung.

Vertheilung der Elektricität.

159. Aus dem über die Mittheilung der E. Vorgetragenen erhellet, daß in der atmosphärischen Luft zwey elektr. Körper auf einander, oder auch elektr. Körper auf nicht elektrische, schon in viel

größeren Entfernungen anziehend oder abstossend wirken, als noch eine Mittheilung erfolgen kann; oder daß der elektrische Wirkungs- oder Dunstkreis, die elektrische Atmosphäre, sich viel weiter als die Schlagweite erstrecket. Ist einer von den Körpern, die durch ihre elektrische Atmosphäre auf einander wirken, sehr klein und leicht, so gibt sich diese Wirkung durch Annäherung oder Entfernung desselben zu erkennen; ist aber die Masse beyder Körper zu groß, als daß sie durch die elektrische Anziehung oder Abstossung bewegt werden könnte, und ist die Ausdehnung derselben ebenfalls beträchtlich; so zeigt sich die wechselseitige Einwirkung durch Anziehung oder Abstossung der in einem oder in beyden Körpern vorhandenen elektr. Materie: da nun die elektrische Materie in demselben Körper dadurch ungleich vertheilt wird, d. h. entweder aus dem Zustande der Neutralität tritt, oder sich wenigstens in einem Theile des Körpers in einem anderen Sättigungsverhältnisse als in dem andern ansammelt; so hat man die dadurch veranlaßten, höchst wichtigen elektrischen Erscheinungen unter dem Nahmen der elektrischen Vertheilung zusammengefaßt, welche von der Mittheilung der E., der sie immer vorangehen muß, wohl zu unterscheiden ist.

160. Wird eine + elektrische Glasröhre einem isolirten natürlich elektrischen Conductor genähert, so wirkt die in der Glasröhre angehäufte + E. abstossend auf die in dem isolirten Leiter vorhandene + E. und anziehend auf die — E. desselben: der neutrale Zustand wird dadurch aufgehoben, indem sich die + E. des Conductors von der Glasröhre so weit als möglich zu entfernen, die — E. dagegen sich derselben zu nähern sucht. Die — E. sammelt sich daher an jenen Stellen des Conductors, welche der Glasröhre am nächsten liegen, und welche wir das vordere Ende desselben heißen wollen; die + E. häuft sich dagegen am hinteren Ende des Conductors an. Dadurch muß der Conductor am hinteren Ende positiv, am vordern aber negativ elektrisch werden, und zwar in einem um so höhern Grade, je mehr die positiv elektrische Glasröhre genähert wird, ohne daß elektrische Materie überschlägt. Dieses kann mittelst des Elektrometers bewiesen werden; denn wenn an beyden Enden zwey Korkkügelchen an Zwirnfäden herabhängen, so weichen sowohl die vordern als die hinteren auseinander; die hinteren werden aber von einer geriebenen Glas-, die vordern von einer geriebenen Siegel-

lackstange abgestossen. Entfernt man die Glasröhre, so hören die verschiedenen elektrischen Zustände an den entgegengesetzten Enden des Conductors sogleich auf, und der ganze Conductor wird wieder natürlich elektrisch, d. h. gibt nirgends ein Zeichen, weder von + noch — E. Nähert man dem Conductor, während er noch in dem elektr. Wirkungskreise der Glasröhre ist, an dem hintern Ende den Finger oder einen andern Leiter, so schlägt ein Funke über; entfernt man nun eher den Finger, dann die Glasröhre, so ist der Conductor elektrisch, und zwar negativ elektrisch, weil er von seiner + E. etwas an den Finger abgegeben, und dafür — E. erhalten hat, folglich nun mehr — E. besitzet, als durch die verminderte + E. neutralisirt werden kann. Wiederhohlt man dieselben Versuche, nur daß man statt der geriebenen Glasröhre eine geriebene Siegellackstange, also einen — elektrischen Körper, anwendet; so wird das hintere Ende des isolirten Conductors negativ, das vordere positiv elektrisch. Wird die Siegellackstange ohne vorhergegangene leitende Berührung des Conductors entfernt, so bleibt derselbe natürlich elektrisch, vor der Entfernung der Siegellackstange berührt, positiv elektrisch zurück. Daraus folget der Satz: **So lange ein isolirter o elektrischer Leiter sich in der elektr. Atmosphäre eines andern + oder — elektr. Körpers befindet, hat er mit demselben den gleichen elektr. Zustand; nach der Entfernung des + oder — elektr. Körpers den natürlich elektr. Zustand, wenn der Leiter vor der Entfernung nicht berührt worden war; den entgegengesetzten elektr. Zustand, wenn er vor der Entfernung des positiv oder negativ elektrischen Körpers mit einem andern Leiter berühret worden war.**

Durch die Nähe eines sehr stark + elektr. Körpers kann eln schwach — elektr. Leiter positiv, und durch die Nähe eines stark — elektr. Körpers ein schwach + elektr. Leiter negativ erscheinen. Auf dem elektr. Wirkungskreise beruhet es, daß ein Elektrometer den elektr. Zustand schon anzeiget, ehe es den Körper noch wirklich berühret, sondern nur in der Nähe desselben, in seinem elektrischen Dunstkreise, sich befindet. Die elektr. Sphäre, in welcher die Körper vertheilend auf einander wirken, ist desto größer, je größer die Spannung derselben ist. — Ist der in der Wirkungssphäre eines elektrischen Körpers befindliche Leiter nicht isolirt, so kann der elektrische Neutralisations-Zustand nicht ge-

störet werden, weil die abgestossene E. sich in den allgemeinen Elektricitäts-Behälter, die Erde, zurückzieht, und die angezogene sich von dorther ersetzet. Auf eben demselben Wege setzet sich auch der Leiter nach Entfernung des elektr. Körpers sogleich wieder mit den übrigen Körpern ins Gleichgewicht. Daraus folgt auch, daß ein isolirter Leiter, wenn er während der Gegenwart des elektr. Körpers mit einem Leiter berühret worden ist, weiter kein Zeichen des elektr. Zustandes gibt, so lange der elektr. Körper in derselben Nähe bleibt; wie auch, daß er kein elektrisches Zeichen geben kann, wenn der Leiter länger in Berührung, als der elektr. Körper in der Nähe bleibt.

161. Wenn ein natürlich elektrischer Nichtleiter in die Sphäre eines positiv oder negativ elektrischen Körpers gebracht wird; so kann wegen des Widerstandes, welchen der Nichtleiter der Bewegung der E. leistet, die Vertheilung auf der Oberfläche desselben nicht so gut von Statten gehen und sich auch nicht so weit erstrecken, als an einem Leiter; allein sie erfolgt dessen ungeachtet, und zwar durch die Substanz des Nichtleiters, welche zwar die Mittheilung, d. h. den Durchgang, aber nicht die Vertheilung, d. h. das Durchwirken der E. hindert. Wenn also ein positiv elektrischer Körper der einen Fläche einer Glasscheibe genähert oder damit in Berührung gebracht wird; so stößt er die auf dieser Fläche vorhandene Portion der gleichnahmigen E. des Glases zurück, nöthigt sie etwas tiefer in das Glas einzudringen, und zieht dafür die entgegengesetzte E. des Glases an, oder nöthigt diese, etwas aus dem Glase heraus zu treten. Die auf der entgegengesetzten Seite der Glastafel vorhandene elektr. Materie wird, wenn die Dicke der Tafel sich nicht über den elektrischen Wirkungskreis des genäherten positiv elektr. Körpers erstreckt, gleichfalls zersetzt, ihre + E. abgestossen, muß aus dem Glase mehr heraustreten, oder freyer werden, indem zugleich ihre — E. angezogen tiefer in das Glas dringt, und fester gebunden gehalten wird. Steht die hintere Fläche mit keinem Leiter in Verbindung, so kehrt der natürlich elektr. Zustand zurück, so bald der + elektr. Körper entfernt wird. Wird aber die hintere Fläche, während der Gegenwart des + elektr. Körpers an der vordern, mit einem Leiter berührt; so gibt sie etwas von ihrer heraus getriebenen + E. ab, und wird der Leiter eher als der + elektr. Körper entfernt, so ist die hintere Fläche negativ elektrisch. — Dasselbe muß auch geschehen, wenn eine von den Flächen durch Reiben unmittelbar elektrisch gemacht wird: die entgegengesetzte Fläche wird vor der

Berührung mit einem Leiter immer den nähmlichen, nach der Berührung den entgegengesetzten elektrischen Zustand haben.

Damit sich der elektr. Zustand auf den Flächen des Nichtleiters gleichförmiger verbreiten könne, werden die Glastafeln, mit denen man diese Versuche anstellen will, gewöhnlich an beyden Seiten mit einem Leiter, z. B. mit Staniol, bekleidet; jedoch so, daß diese Bekleidung sich nur auf Einen oder mehrere Zolle vom Rande erstrecket, damit nicht durch dieselbe die E. von einer Fläche auf die andere überfließen könne. Wenn mehrere auf diese Weise belegte Glastafeln auf einander gelegt, und die erste an ihrer oberen Belegung positiv elektrisch gemacht wird, dann (nach vorhergegangener leitender Berührung der unteren Fläche der letzten Tafel) die Glastafeln auseinander genommen werden; so wird jede an ihrer oberen Fläche positiv, an ihrer unteren negativ elektrisch seyn. Ertheilet man den vorderen Flächen mehrerer belegter isolirter Glastafeln einen gleichen schwachen Grad von + E., und legt sie dann auf einander, indem man die hintere Belegung der letzten Tafel in eine leitende Verbindung mit der Erde bringt, so wird die elektr. Spannung erhöht, und zwar im Verhältnisse der Zahl der Tafeln; indem nun jede vordere Fläche zu ihrer freyen + E. noch die von der hinteren Fläche der vorhergehenden Tafel abgestossene Menge + E. erhält.

162. Auch der elektrische Körper, der auf die beschriebene Art die Phänomene der Vertheilung an den in seinem Wirkungskreise befindlichen Körpern hervorbringt, erleidet nach dem Gesetze der gleichen Wirkung und Gegenwirkung eine Veränderung in seinem elektr. Zustande: seine freye E. verwendet einen Theil ihrer Kraft zur Abstossung der gleichnahmigen und zur Anziehung der entgegensetzten E., also zur Hervorbringung der Vertheilung auf den innerhalb seines Wirkungskreises befindlichen Körpern, so daß er mit diesem Theile nun keine andern Wirkungen leisten kann; dann wird seine freye E. auch von der ponderablen Materie der andern im elektr. Wirkungskreise vorhandenen Körper angezogen, und folglich auch dadurch gebunden. Aus beyden Ursachen nimmt die Intensität seines elektr. Zustandes oder die Spannung etwas ab, und der elektr. Körper wird dadurch fähig, noch eine Portion der in ihm bereits angehäuften E. von einem dritten Körper aufzunehmen, mit dem er sich früher (bevor er vertheilend zu wirken anfing) schon in das Gleichgewicht der Spannung versetzt hatte. Man druckt dieses kurz durch folgende Formel aus: Die Capacität für die Elektricität nimmt in dem vertheilend wirkenden Körper eben

so zu, wie die Intensität seines elektr. Zustandes abnimmt. Wie aber der leitende Körper, auf welchen der elektrische vertheilend wirkt, aus seinem Wirkungskreise genommen wird, erreicht die Intensität seines elektr. Zustandes wieder den vorigen Grad, und die Capacität nimmt in eben dem Verhältnisse ab.

Wenn z. B. eine isolirte Metallplatte durch eine gewisse Maschine nur so weit elektrisirt werden kann, daß das auf ihr angebrachte Henley'sche Elektrometer 60 Grade zeigt, und man bringt diese Metallplatte dann in die Nähe eines anderen leitenden Körpers, z. B. über einen Tisch, so wird die Metallplatte sogleich vertheilend auf den Tisch wirken, und das Elektrometer wird fallen, z. B. nur 40° zeigen; 20° sind also durch die Operation der Vertheilung gebunden worden. Entfernt man die Metallplatte von dem Tische, so steigt das Elektrometer wieder auf 60°. Wird die Metallplatte, während sie noch in der Nähe des Tisches vertheilend wirkt, das Elektrometer also 40° zeigt, mit dem Conductor der vorigen Maschine in Verbindung gebracht, so nimmt sie noch 20° E. an, und das Elektrometer zeigt 60°. Entfernt man aber jetzt die Metallplatte vom Tische, so werden die vorher gebundenen 20° auch frey, und das Elektrometer steigt auf 80°. Die Vertheilung unterscheidet sich dadurch auffallend von der Mittheilung, daß jene immer den entgegengesetzten Zustand in den Körpern hervorzubringen sucht, die letztere hingegen sie in den gleichen elektr. Zustand versetzet. In der Atmosphäre eines positiven Körpers kann man negativ, in der Atmosphäre eines negativen Körpers positiv elektrisiren. Die Kenntniß dieser Eigenschaften des elektrischen Wirkungskreises, und einige Fertigkeit in den darauf gegründeten Vorstellungen, ist in der Elektricitäts-Lehre von der äußersten Wichtigkeit; denn darauf beruht die Einrichtung und Erklärung der vorzüglichsten elektr. Instrumente: des Elektrophors, der Kleist'schen Flasche und des Condensators.

Elektrophor.

163. Der Elektrophor (Electrophorus perpetuus, beständiger Elektricitäts-Träger), von dem Professor der Physik zu Pavia, Alexander Volta, im Jahre 1775 (nach Anderen schon früher von Wilke) erfunden, besteht aus zwey Haupttheilen, nähmlich aus der Basis und aus dem Deckel. Die Basis besteht wieder aus der leitenden Form und aus dem nichtleitenden Kuchen; der Deckel aus der leitenden Platte und der nichtleitenden Handhabe. Die Form, auch Schüssel oder Teller genannt, ist eine Platte aus Metall, oder aus Holz mit Staniol bekleidet, mit einem

mehrere Linien hohen Rande. In diese Form wird eine geschmolzene, aus 5 Theilen Schellack, 3 Theilen Mastix, und zwey Theilen venetianischen Terpenthin bestehende Harzmasse gegossen, so daß sie dem Rande der Form gleich stehet, ohne sie zu bedecken. Die Oberfläche dieses Kuchens (so heißt man die eingegossene Harzmasse) wird nach dem Erstarren durch Ueberfahren mit einem heißen Eisen gut geglättet. Der Deckel ist eine metallene oder hölzerne, mit Staniol bekleidete Platte, Deckelplatte, deren Durchmesser um einige Zoll kleiner als der Durchmesser des Harzkuchens ist, und die entweder mit einer gläsernen oder mit einer aus seidenen Schnüren bestehenden, nichtleitenden Handhabe, Deckelhandhabe, versehen ist.

Der Elektrophor läßt sich als eine auf beyden Seiten belegte Harzscheibe betrachten, deren obere Belegung aber beweglich ist; daher kann man sich als Basis auch anderer belegter Isolatoren bedienen; so ist z. B. jedes belegte Spiegelglas die Basis eines Elektrophors, welcher aber, wenn das Glas vor dem Gebrauche mittelst eines mit Amalgam eingeriebenen Leders gerieben, und dadurch + elektrisch gemacht worden war, immer gerade die entgegengesetzten elektr. Zustände von denjenigen hervorbringt, die durch den Harz-Elektrophor erzeugt werden. Der Harz-Elektrophor ist wegen seiner länger anhaltenden Wirksamkeit vorzuziehen.

164. Soll der Elektrophor in Thätigkeit gesetzt werden, so muß der Kuchen vorher mit Tuch gerieben, oder noch besser, mit einem Fuchsschweife geschlagen werden. Dadurch wird die obere Fläche des Kuchens negativ, die mittelst der Schüssel mit der Erde in leitender Verbindung stehende untere Fläche folglich positiv elektrisch, und der Elektrophor bringt nun folgende Erscheinungen hervor: 1) Wird der Deckel auf den — elektr. Harzkuchen gesetzt, so stellet er seine obere Belegung vor, erhält daher die E. der berührten Harzfläche durch Vertheilung, oder zeigt — E.; wird er ohne vorhergegangene leitende Berührung mittelst der nichtleitenden Handhabe wieder weggenommen, so zeigt er keinen elektr. Zustand (§. 160). 2) Wird der Deckel, während er auf dem Kuchen der nichtisolirten Basis liegt, mit einem Leiter, z. B. mit dem Finger, berühret; so zeigt sich ein kleiner schneidender Funke, und nachher auf keine Art mehr irgend ein Zeichen von Elektricität; hebt man aber den Deckel nach dieser Berührung mittelst der nichtleitenden Handhabe auf: so zeigt er freye + E., und bey der Annäherung des Fingers schlagen

aus demselben wieder ein oder mehrere lebhafte, stechende Funken, so wie aus einem positiv geladenen Conductor über. 3) Berührt man den auf der Basis liegenden Deckel und die leitende Schüssel zugleich, so erhält man eine Erschütterung, und der nach einer solchen Berührung aufgehobene Deckel gibt noch lebhaftere Funken, als wenn der Deckel allein berührt worden wäre. 4) Hebt man den berührten Deckel vom Kuchen auf, und setzet ihn wieder auf denselben zurück, ohne ihn in der Zwischenzeit berührt zu haben; so ist wieder Alles todt. 5) Reibt man den Kuchen der isolirten Basis, so erhält der Kuchen sowohl als die Form — E. Berührt man die Form, so entsteht ein Funke, und die Form verliert ihren elektr. Zustand. Setzet man nun den Deckel auf, so findet man die Form positiv, den Deckel negativ elektrisch. Berührt man jetzt den Deckel, so verliert dieser seine — E.; die + E. der Form nimmt aber noch zu. Berührt man darauf die Form mit einem Leiter, so erhält man Funken, und ihre Elektricität verschwindet. Hebt man endlich den Deckel in die Höhe, so ist dieser +, die Form aber — elektrisch.

Aus dem Gesagten erhellet, daß der Elektrophor alle Wirkungen einer Elektrisir-Maschine leistet; und da alle diese Versuche, vorzüglich bey trockner Luft, Monathe lang wiederhohlt werden können, ohne den Kuchen aufs Neue reiben zu dürfen; so bedient man sich des Elektrophors häufig statt der Elektrisir-Maschinen, wie z. B. bey unsern mit Wasserstoffgas gefüllten Zünd-Maschinen.

165. Alle angeführten Erscheinungen des Elektrophors finden in der Lehre von dem elektr. Wirkungskreise und der dadurch bewirkten Vertheilung der E. ihre Erklärung, die man auch bey allen leicht finden wird, so bald nur der Zusammenhang einiger dieser Erscheinungen mit der genannten Eigenschaft der E. nachgewiesen ist. Durch das Reiben wird der Harzkuchen negativ elektrisch; der darauf gelegte Deckel kommt also in einen — Wirkungskreis, und wird deßwegen an seinem obern Theile selbst — elektrisch, ohne jedoch von seiner natürlich elektr. Materie das Geringste zu verlieren, weil ein flacher Leiter von einem flachen Nichtleiter E. weder annimmt, noch solche an ihn abgibt (§. 155). Durch das Berühren mit einem Leiter, geht aus diesem in den scheinbar negativ elektrischen Deckel + E. über (daher der Funke), und der Deckel erhält nun nebst seiner natürlichen E. auch diesen Zuwachs, scheint aber, weil dieser Ueberschuß von dem negativen Wirkungskreise des Harzkuchens gebunden

gehalten wird, natürlich elektrisch. Wird der Deckel nun aufgehoben, also aus dem — Wirkungskreise entfernt, so äußert sich dieser Ueberschuß als freye + E., oder der Deckel erscheint + elektrisch. So wie die — elektr. Atmosphäre des Harzkuchens auf den Deckel wirkt, so wirkt sie auch durch seine ganze Masse (daher etwas schwächer) auf die Form: in dieser wird daher auch ein Theil der + E. gebunden, eben so viel den umliegenden, leitenden Körpern entzogen, und die Form erhält den positiv elektr. Zustand, der sich aber erst äußern kann, wenn der Deckel auf den Kuchen gelegt wird; weil nun der Kuchen nicht mehr die ganze Kraft seiner — elektr. Atmosphäre gegen die Form richten kann, sondern mit einem Theile derselben die Vertheilung der E. in dem Dtckel bewirken muß. Berührt man nun Deckel und Form zu gleicher Zeit, so erhält man, wie jederzeit, wenn E. aus einem + elektr. Körper in einen — elektrischen überströmt, eine Erschütterung. Ist die Form isolirt, so verhält sie sich gerade so wie der Deckel, nur daß sie dessen Veränderungen wegen der größeren Entfernung von der oberen elektr. Fläche des Kuchens, in einem geringeren Grade erfährt. Da der Kuchen weder dem Deckel noch der Form E. mittheilt, sondern nur durch seine vertheilende Einwirkung macht, daß sie dieselbe von Außen bekommen, so läßt sich daraus die lange dauernde Wirksamkeit des Elektrophors erklären.

Man kann auch den Harzkuchen positiv elektrisch machen, wenn man einen metallenen Ring von wenigen Zollen im Durchmesser und in der Höhe darauf setzet, und, nachdem man ihn mit dem Conductor einer thätigen, positiven Maschine in Verbindung gebracht hat, mit einer Siegellackstange auf dem Harzkuchen herumführt. In diesem Falle trifft Alles ein, was von dem vorigen, mit einem Fuchsschweife gepeitschten Elektrophor gesagt worden ist, nur daß man statt positiv überall negativ, und statt negativ, positiv setzen muß. Auf diese Weise kann man in derselben etwas längeren Form einen positiven und einen negativen Elektrophor neben einander haben, und man kann den positiven mittelst der Funken in Thätigkeit setzen, die man aus dem aufgehobenen Deckel des negativen zieht. Einen positiven Elektrophor kann man von einem negativen durch die sogenannten Lichtenbergschen Figuren unterscheiden. Auf dem positiven Harzkuchen bildet, nähmlich darauf gestebter oder gepuderter, feiner Harzstaub strahlende Figuren oder Sonnen, auf dem negativen Harzkuchen hingegen nur größere oder kleinere Zirkelbögen, Monde. — Geschmolzener Schwefel oder Chocolate, welche in isolirten metallenen Schüsselchen erstar-

ren; Bley und Zinn, welche in gläsernen Eingüssen erkalten; durch schnellen Temperaturs-Wechsel springende Gläser werden auch elektrisch. Einige halten die durch das ungleiche Zusammenziehen während des Erkaltens veranlaßte Reibung für hinlänglich, E. zu erregen: wir werden aber später sehen, daß beym Formverändern mehrerer Körper sich elektr. Erscheinungen zeigen. (J. Ingenhouß Anfangsgr. der E. hauptsächlich in Beziehung auf den Elektrophor. Aus dem Engl. übersetzt von Molitor. Wien 1781. — Elektricitäts-Erregung beym Erkalten geschmolzener fettiger Substanzen innerhalb metallener Gefäße, in Kastner's Archiv 6, 472.) Wenn der Deckel fortwährend auf dem Elektrophor ruhet, so behält dieser seine Wirksamkeit länger, als wenn er mit aufgehobenem Deckel stehen bleibt, weil im ersten Falle die — E. des Harzkuchens, durch die Anziehung der + E. des Deckels fester gebunden, sich nicht so leicht in die Atm. zerstreut. Elektrophore, welche mit einem schmalen Staniolstreifen versehen sind, der auf der Oberfläche des Harzkuchens vom Rande der Form so weit gegen die Mitte reicht, daß ihn der Rand des herabgelassenen Deckels berührt, laden sich natürlich von selbst, d. h. ohne daß man den herabgelassenen Deckel vorher mit einem Leiter zu berühren braucht; solche Elektrophore sind bey den sogenannten elektrischen, d. h. mit Wasserstoffgas gefüllten Zündmaschinen im Gebrauche.

Kleist'sche Flasche.

166. Diese elektr. Vorrichtung hat den Nahmen von ihrem Erfinder, dem Domherrn Kleist (1745). Sie heißt auch Leidner- oder Verstärkungsflasche. Man kann hierzu jede gläserne Flasche brauchen, der man inwendig und auswendig einen Ueberzug von Metall zu geben im Stande ist. Diese Metall-Belegung darf aber an keiner Seite bis an die Mündung reichen, sondern muß sowohl von Innen als von Außen oben einen unbelegten Raum von mehreren Zollen lassen. Um diesen unbelegten Theil des Glases, auf dessen nichtleitende Eigenschaft hier sehr viel ankommt, vor dem Anziehen von Feuchtigkeit zu schützen, überzieht man ihn gewöhnlich mit einem Firniße aus Siegellack. Die äußere Belegung besteht meistens aus Staniol, und damit die innere Fläche auf dieselbe Weise belegt werden könne, wählt man weithälsige Flaschen. Durch den Stöpsel oder Deckel des Flaschenhalses geht ein Metalldraht, der oben sich in eine Kugel, unten aber, um die nothwendigen Berührungspuncte mit der inneren Belegung zu vermehren, in mehrere Metallkettchen oder doch wenigstens Windungen endigt. Alle Ecken und Spitzen

müssen aufs Sorgfältigste vermieden werden. Fig. 37 stellt eine Kleist'sche Flasche vor, deren äußere Belegung bis n reichet.

Die Verstärkungsflasche soll zu Leiden von Cunäus und Mussenbroek noch vor Kleist erfunden worden seyn.

167. Will man eine Kleist'sche Flasche laden, so nimmt man sie mit der äußeren Belegung in die Hand, oder stellet sie auf einen Leiter, und bringt ihren Knopf mit dem Conductor einer thätigen Maschine in Verbindung: die innere Belegung erhält dadurch die E. des Conductors durch Mittheilung, die äußere Belegung aber durch Vertheilung die entgegengesetzte E. Ist die innere Belegung positiv, so ist die äußere in eben demselben Verhältnisse negativ; ist die innere negativ, so ist die äußere positiv. Hier trifft gerade dasselbe ein, was oben (§. 161) von einer an beyden Seiten mit Staniol belegten Glastafel gesagt worden ist, die, indem die Gestalt nur auf die Bequemlichkeit der Anwendung Einfluß hat, sehr gut statt der Kleist'schen Flasche als elektr. Verstärkung gebraucht werden kann, und ehemahls auch unter dem Nahmen der Franklin'schen Tafel dazu verwendet worden ist. Will man eine elektr. Verstärkungsflasche entladen, so muß man eine leitende Verbindung zwischen der inneren und äußeren Belegung herstellen, damit die entgegengesetzten Elektricitäten auf den zwey Belegungen sich verbinden, und dadurch neutralisiren können. Da dieses sehr schnelle Ueberströmen, wenn es durch thierische Körper geht, immer mit einer Erschütterung verbunden ist, so nennet man die leitende Verbindung zwischen der inneren und äußeren Belegung den Erschütterungskreis. Diese Erschütterung, oder der Schlag, ist desto heftiger, je größer die belegten Flächen sind, und je mehr E. durch Mittheilung auf der einen Fläche angehäuft, je größer also die elektr. Spannung ist. Bey diesem Ueberströmen wählt die E. jederzeit den Weg des mindesten Widerstandes, d. h. denjenigen, der aus der ununterbrochensten Reihe der besten Leiter von hinlänglicher Capacität bestehet: findet sie einen Weg von Metall, so wählt sie diesen, wenn er auch bey weitem länger ist als ein anderer von schlechteren Leitern. Da, wo die Leitung unterbrochen ist, entsteht ein heller, großer, knallender Funke, aber immer nur auf eine geringe Schlagweite. Ein Mensch kann die Flasche entladen, wenn er mit einer Hand die äußere Belegung hält oder auch nur berührt, und die andere dem Knopfe nähert: die Erschütterung geht dann durch die beyden oberen Extremitäten und den dazwischen lie-

genden Theil des Rumpfes. Will man die Flasche entladen, ohne sich dieser Erschütterung auszusetzen; so bedient man sich eines metallenen, allenfalls noch mit einer gläsernen Handhabe versehenen Bogens (Fig. 36), mit dessen einem Ende man den Knopf, mit dem andern die äußere Belegung berührt, und den man deßwegen Auslader heißt. Um den elektr. Schlag durch Substanzen zu führen, auf die man seine Wirkung kennen lernen will, bedient man sich Henly's allgemeinen Ausladers (Fig. 38), d. h. zweyer, einander gegenüber stehender, isolirter Metalldrähte, die man mit dem einen, in Kugeln ausgehenden Ende über einem Harztischchen nach Belieben nähern, mittelst der Ringe am andern Ende aber mit der inneren und äußern Belegung der Verstärkungsflasche in Verbindung bringen kann.

Da der Bogen des Ausladers gewöhnlich aus zwey Schenkeln besteht, die mittelst eines Gelenkes in der Mitte bey a zusammengefügt sind, so läßt er sich willkührlich verengern oder erweitern.

168. Wenn eine Kleist'sche Flasche auf einem Nichtleiter stehet, so läßt sie sich nur äußerst schwach laden, weil, wegen der vorausgesetzten Isolirung, an der äußeren Belegung nicht der entgegengesetzte elektr. Zustand entstehen kann, und weil eben dadurch die Capacität der inneren Belegung für irgend eine E. sehr vermindert wird. Eben so läßt sich eine geladene, dann auf einen Nichtleiter gestellte Flasche nicht entladen, wenn man ihren Kopf allein berührt, welches doch bey einer auf Leitern stehenden Flasche mit denselben Erscheinungen erfolgt, als wenn man einen gewöhnlichen Conductor entladet; mit Funken nähmlich, aber ohne Erschütterung. In jenem Falle aber erhält man aus dem Kopfe nur einen kleinen Funken. Berührt man darauf die äußere Belegung, so erhält man wieder einen kleinen Funken, und nun gibt bey erneuerter Berührung der Kopf abermahls einen solchen Funken. So kann man die Flasche nur nach und nach durch wiederhohltes abwechselndes Berühren der inneren und äußeren Belegung entladen. Da nähmlich das Glas zwischen der inneren und äußeren Belegung immer einige Dicke hat; so ist der durch Vertheilung hervorgebrachte entgegengesetzte elektr. Zustand der äußeren Belegung stets etwas schwächer als der durch Mittheilung erhaltene der inneren Belegung (§. 161). Diese Menge von elektr. Materie, welche die Elektricitäts-Intensität der inneren Belegung über die äußere erhebt, läßt sich durch die erste Berührung des Kopfes entziehen; allein

die übrige Menge wird nun durch den negativen Dunstkreis der äußeren Belegung fest gehalten. Aus der nähmlichen Ursache strömt nun bey der Berührung der äußeren Belegung etwas + E. in dieselbe über; und so geht die allmähliche Entladung dann fort. Man sieht daraus auch, daß eine elektr. Flasche desto wirksamer seyn muß, je dünner ihr Glas ist, wegen der größeren Wirksamkeit der elektr. Atmosphäre von einer Belegung auf die andere bey minderer Entfernung, welche eigentlich bloß durch die Dicke des Glases bestimmt wird. Allein so wie es (nach §. 156) geschieht, daß die elektr. Materie, wenn ihre Spannung einen gewissen Grad erreicht, die Luft durchbricht und in Körper von natürlichem oder entgegengesetztem elektr. Zustande überströmt: so geschieht es auch bey Leidner-Flaschen von sehr dünnem Glase, daß bey großer Spannung, vorzüglich wenn die Luft sehr trocken ist, die entgegengesetzten Elektricitäten den trennenden Nichtleiter, das Glas, durchbrechen, und sich mit Gewalt einen Uebergang von einer Belegung in die andere erzwingen, welches dann hier noch in einem höheren Grade als dort, mit einem Blitze und mit einer dem Gewitterschlage ähnlichen Explosion verbunden ist.

Die Ladung einer Kleist'schen-Flasche befindet sich nicht bloß in den Belegungen, weil, wenn man bey einer zweckmäßig eingerichteten Flasche die Belegungen wegnimmt, die Flasche doch geladen bleibt; die Belegung ist bloß das Mittel, die E. auf Ein Mahl und gleichförmig über die ganze belegte Fläche des Nichtleiters zu verbreiten. Starke Batterien aus dickem Glase laden sich nach der ersten Entladung von selbst wieder auf einen gewissen Grad: man nennet diese zweyte Ladung das Residuum oder den Rückstand. Jede entladene Leidner-Flasche ist eigentlich ein Glas-Elektrophor (§. 163). — Die Kleist'sche Flasche kann man auch mittelst des Elektrophors laden; und zwar positiv, wenn man sie an der äußeren Belegung hält und in ihren Kopf aus dem aufgehobenen Elektrophor-Deckel Funken überschlagen läßt; negativ, wenn man sie beym Kopfe faßt, und mit der äußeren Belegung die Funken zieht. Umgekehrt kann man auch mittelst der Kleist'schen Flasche die Wirksamkeit des Elektrophors erregen oder vermehren: wenn man nähmlich eine positiv geladene Leidner-Flasche auf den Harzkuchen stellt, sie dann bey dem Kopfe faßt, und auf dem Kuchen herum führt, so wird dieser negativ; setzet man aber die Flasche ungeladen auf den Kuchen, bringt dann ihre innere Belegung mit dem Conductor einer positiven Elektrisirmaschine in Verbindung, und führt sie mit einer Siegellackstange auf dem Kuchen herum, so wird letzterer positiv elektrisch. Man sieht daraus, daß man einen Elektrophor mittelst einer Leidner-Flasche durch sich selbst verstärken kann.

169. Mehrere Leidnerflaschen, derer Köpfe und Basen mittelst Leiter verbunden sind, heißt man eine elektrische Batterie. Durch diese wird die Erschütterung und überhaupt die Wirkung der E. beym Entladen, welches erfolgt, wenn man bey was immer für einer Flasche die innere und äußere Belegung in eine leitende Verbindung bringt, ausnehmend vermehrt. Man schätzet die Wirksamkeit einer solchen Batterie nach Quadrat-Fuß der Belegung Eine solche Batterie kann man auch (und zwar mittelst der möglichst geringsten Menge von elektr. Materie) laden, wenn man die Flaschen auf Nichtleiter stellt, und die äußere Belegung der vorderen mit der inneren Belegung der folgenden in Verbindung bringt. Der Fall ist dann genau derselbe, als der §. 161 mit mehreren über einander gehäuften, belegten Glastafeln. Wenn man daher mehrere isolirte Flaschen auf einen gleichen Grad schwach ladet, dann dieselben so verbindet, daß man die äußere Belegung der einen mit der inneren der andern, die äußere Belegung der letzten aber mit dem Boden in Berührung bringt, so vervielfältigt man die elektr. Spannung so viel Mahl, als Flaschen auf diese Weise verbunden sind.

Die zur Teyler'schen Maschine (§. 151*) gehörige Batterie besteht, nach van Marum's Vergrößerung und Verbesserung, aus 550 Quadrat-Fuß Belegung, die durch 90 Umdrehungen der Scheibe geladen werden. — Die Erklärung der Erscheinungen, welche die Leidner-Flasche darbiethet, im Sinne der Dualisten, ist in dem bereits Gesagten enthalten. Franklin machte sich davon folgende Vorstellung. Wird die innere Belegung einer Flasche in den positiv elektr. Zustand versezzet, so stößt die hier angehäufte E. die in der natürlich elektr. äußeren Belegung enthaltene zurück, welche durch die leitenden Umgebungen abfließt, und so die äußere Belegung mit weniger E., also negativ elektrisch, hinterläßt: die äußere Belegung wird also durch Vertheilung in eben demselben Verhältnisse negativ elektrisch, als die innere Belegung durch Mittheilung positiv elektrisch wird. Je größer dieser Unterschied im elektr. Zustande von beyden Seiten, also die elektr. Spannung wird, desto mehr wird die in der inneren Belegung angehäufte E. von der ponderablen Materie der äußeren Belegung angezogen, und desto mehr strebt die E. sich auch auf die äußere Belegung zu verbreiten. Dieses Streben kann endlich so weit steigen, daß die E. das Glas durchbricht. Wird, bevor dieß geschieht, die innere Belegung mit der äußeren in eine leitende Verbindung gebracht, so strömt die E. auf diesem für sie gebahnteren Wege von der inneren Belegung auf die äußere über, und bringt dadurch alle beym Leidner Versuche beobachteten Erscheinungen

hervor. Diese Erklärungsart wird man nun leicht auch auf den Elektrophor und auf die elektr. Vertheilung im Allgemeinen übertragen können.

C o n d e n s a t o r.

170. Wenn in den Wirkungskreis eines elektr. Körpers ein anderer, vorzüglich ein leitender Körper kommt: so wird die Capacität des ersteren für die E. vermehrt (§. 162): er kann mehr E. aufnehmen, und findet sich dann, wenn der leitende Körper seinen Wirkungskreis verläßt, in einem höheren Grade elektrisch. Darauf beruht die Einrichtung des von Volta erfundenen und von Lichtenberg verbesserten Condensators, welcher den Zweck hat, die allerkleinsten Grade von E. bemerklich zu machen. Dieses Instrument ist dem Elektrophore sehr ähnlich: es besteht nähmlich aus einer metallenen Scheibe oder Basis, auf welche drey linsengroße Glasstückchen oder auch Siegellacktropfen ziemlich weit auseinander so angebracht werden, daß sie die Winkel eines gleichseitigen Dreyeckes bilden könnten. Stellt man nun auf diese Glasstückchen einen gewöhnlichen Elektrophor-Deckel, der hier der Collector oder die Sammlungsplatte heißt, so befindet sich zwischen der Metallplatte des Deckels und der Basis eine sehr dünne Schichte eines schlechten Leiters, der Luft, welche zwar die Mittheilung, aber nicht die Vertheilung der E. hindert. Berührt man den Collector mit einem sehr schwach elektr. Körper, so wird er keinen bedeutenden Grad von E. zeigen, so lange er auf der Basis stehen bleibt; nimmt man ihn aber weg und untersucht ihn mit dem Elektrometer, so wird er einen viel höheren Grad von E. haben, als wenn er z. B. auf einer dicken Glasscheibe oder unmittelbar auf der nicht isolirten Metallplatte stehend mit demselben elektr. Körper berührt worden wäre. Will man mittelst des Condensators noch kleinere Grade von E. bemerklich machen: so berührt man mit einem bereits von dem elektr. Körper afficirten Collector die Sammlungsplatte eines andern, viel kleineren Condensators. Auf diese Weise kann, nach Adam's, eine schwache E. 1000 Mahl verstärkt werden. Aus derselben Ursache, weßwegen der Collector mehr E. aufnimmt, hält er auch die einmahl aufgenommene fester oder länger zurück, besitzet also in Bezug auf E., nebst der größeren Capacität, auch eine größere Tenacität, und der Condensator kann deßwegen auch als ein Conservator der E. gebraucht werden.

Anfänglich nahm man zur Basis des Condensators Halbleiter, z. B.

Marmorplatten, oder mit einer dünnen Lage Firniß überzogene Metallplatten, welche die Vertheilung zulassen, ohne doch für die Mittheilung sehr empfänglich zu seyn, und setzte dann den Collector unmittelbar darauf: die letzteren sind gegenwärtig wieder die gewöhnlichsten. Bennet's Duplicator, Cavallo's Collector u. dgl., beruhen auf denselben Grundsätzen, und sind eigentlich Condensatoren. Vortheilhaft ist die Verbindung des Condensators mit einem Elektrometer, z. B. mit dem Bennet'schen Elektroskope (§. 154, Fig. 44), welches dann ein condensirendes Elektrometer heißt. Der metallene Deckel dieses Elektroskops wird als Collector gebraucht: man läßt auf ihn 3 Siegellacktröpfchen fallen und stellt eine andere Metallscheibe darauf, die man mit dem Boden in eine leitende Verbindung bringt, und welche daher die Basis des gewöhnlichen Condensators vorstellet. Hat man mit dem schwach elektr. Körper die untere Platte berührt, und darauf die obere Metallplatte weggenommen, so zeigt sich die condensirte E. sogleich am Elektrometer. Von Schweigger's Multiplicator, welcher das empfindlichste Reagens für strömende E. oder für den elektr. Strom ist, kann erst später beym Magnetismus die Rede seyn.

Wirkungen der Elektricität.

171. Was die im Gleichgewichte stehende oder neutrale E. in den Körpern für Wirkungen hervorbringe, oder welche Eigenschaften die ponderablen Stoffe der E. verdanken, wissen wir nicht; weil wir bisher eben so wenig einen Körper ohne alle elektr. Materie, als ohne allen Wärmestoff haben darstellen können. Auch die in einem Körper aus dem Gleichgewichte gebrachte positive oder negative E. läßt, außer jenen Phänomenen des Anziehens und Abstoßens und einigen davon unmittelbar abhängenden Erscheinungen, dann in der Atm. des elektr. Körpers, außer dem Gefühle, als ob man in ein Spinnengewebe gerathen sey (§. 143), nichts Besonderes bemerken. Desto auffallender sind aber die Erscheinungen, welche den Uebergang der E. aus einem Körper in den andern begleiten. Von dem größten Theile derselben ist schon gesprochen worden; hier dürfen sie also nur zusammengestellt werden. Wenn dieser Uebergang nicht in vollkommen luftleeren Raum geschieht, so ist er immer mit Lichtentwicklung verbunden, die desto ausgebreiteter ist, je mehr die Luft verdünnt wird. Setzet sich die E. in mehreren Körpern durch Spitzen ins Gleichgewicht, so zeigt sich an diesen ein eigenes sanftes Licht, welches an der + E. ausströmenden Spitze einen aus diver-

girenden Strahlen bestehenden Lichtkegel, an der Spitze eines negativ elektrischen Körpers aber nur einen leuchtenden Punct, oder ein Sternchen darstellt (Fig. 36): wenn man die Hand oder das Gesicht der Spitze nähert, so empfindet man ein leises Wehen, in der genäherten Nase den Geruch nach Phosphor, auf der Zunge an der + Spitze einen sauren, an der — Spitze einen alkalischen Geschmack. Wenden sich die Körper, derer E. sich in der gewöhnlichen atm. Luft ins Gleichgewicht setzen soll, flache oder abgerundete Theile zu: so bildet die überströmende E. kein fortdauerndes Licht, sondern es entsteht der sogenannte elektr. Funke, welcher nach der Stärke der elektr. Spannung in den beyden Körpern, mit verschiedenen Farben, und mit einem stärkeren oder schwächeren blitzenden Knalle hervorbricht, sich in seiner Zickzack-Bahn mit der größten Schnelligkeit und Heftigkeit auf den andern Körper wirft, und damit auch verlischt. Auf diesem Wege durchbohrt er die Nichtleiter, z. B. Papier, Holz, Glas u. dgl., wenn seine Gewalt ihrer Cohäsions-Kraft gewachsen ist (Gilb. A. 69, 367). Wird in einem mit Oehl gefüllten dünnen Kolben ein gekrümmter Messingdraht so gesteckt, daß sein unteres Ende das Glas von Innen berührt; bringt man den Draht mit dem Knopfe einer in der Hand gehaltenen geladenen Leidner-Flasche in Berührung, während man einen Knöchel der andern Hand von außen dem berührenden Drahte gegenüber hält, so wird das Glas an dieser Stelle durchlöchert. Mit dem großen Teyler'schen Apparate hat man auf solche Weise Wirkungen hervorgebracht, wozu eine Kraft von 9840 Pf. gehörte. Nimmt die E. bey ihrer Entladung zwischen einem + und — elektrischen Körper, wie z. B. bey der Entladung einer Leidner-Flasche oder einer elektr. Batterie, ihren Weg durch lebendige Thiere; so empfinden diese eine, gleichfalls der elektr. Spannung angemessene Erschütterung. Diese Erschütterung kann man so weit steigern, daß selbst größere Thiere, z. B. Ochsen, dadurch wie vom Blitze erschlagen werden. Am leichtesten können Fische durch elektr. Schläge getödtet werden. Die Ursache dieses Todes sucht man in der gänzlichen Vernichtung der Reitzbarkeit; daher auch die Cadaver der durch E. oder durch den Blitz getödteten Thiere äußerst schnell in Fäulniß übergehen. In unlängst getödteten Thieren, die noch nicht alle Reitzbarkeit verloren haben, bringt das Durchleiten der E. Zuckungen hervor. Der elektr. Funke macht das Thermometer steigen, wenn man dessen Kugel mit Staniol belegt; er entzündet leicht ent-

zündliche Substanzen, z.B. Hydrogengas (worauf zum Theil die Einrichtung unserer gewöhnlichen Zünd-Maschinen beruhet), Knallluft (elektr. Pistole), Aether, Alkohol, mit Harz oder Lycopodium-Samen bepuderte Baumwolle, Zunderschwamm u. dgl. Die Entzündung erfolgt leichter, wenn die Leitung durch dergleichen Substanzen nur unvollkommen oder öfter unterbrochen ist; so entzündet sich Schießpulver leichter, wenn der Funke mittelst eines feuchten Zwirnfadens durch dasselbe geführet wird, als wenn man ihn mittelst eines Metalldrahtes durchleitet (Gilb. A. 69, 372). Er macht Metalldrähte glühend, wenn diese so dünn sind, daß ihre Capacität der übergehenden Menge von E. nicht gewachsen ist, und sie diese nur mit Beschwerde leiten können; er oxydirt, schmilzt und verflüchtiget sie: mittelst der Teyler'schen Elektrisirmaschine wurden 60 Fuß 1/150 Zoll dicken Eisendrahtes, ja selbst die scharfen Ränder von Quarzstückchen geschmolzen. Stahl läuft blau an und wird magnetisch. Auf die Modification der chem. Verwandtschafts-Effecte hat die E. einen großen Einfluß: zusammengesetzte Körper, z.B. Wasser, Ammoniak, werden dadurch zerlegt, auch einige Metalloxyde reducirt, aber nur so lange, als nicht durch die reducirte Menge des Metalles die Leitung zu vollkommen wird; einige gemengte, einfache Körper werden chemisch verbunden, z.B. ein Gemenge von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, die Knallluft zu Wasser; Sauerstoff- und Stickgas zu Salpetersäure; Knallsilber, Knallquecksilber u. dgl. werden dadurch zum Verpuffen gebracht. Hierher gehöret auch die Oxydation der Metalle, welche durch den elektr. Funken selbst in den edelsten und am schwersten oxydirbaren Metallen, z.B. Gold und Platin, bewirkt wird: Oxydation und Verbrennung erfordern jedoch immer den Zutritt von Sauerstoff unter irgend einer Form (§. 182—190).

Die Aerzte haben die E. auch unter die Arzeneymittel aufgenommen. Die Anwendung derselben auf kranke Körper oder einzelne Organe geschieht nach 5 verschiedenen Methoden: 1) Der auf einem Isolir-Schemmel stehende Kranke wird mit dem Conductor einer gewöhnlichen in Thätigkeit befindlichen Elektrisirmaschine in Verbindung gebracht und also mit freyer elektr. Materie ganz durchdrungen: dann, sagt man, befinde sich der Kranke in dem elektrischen Bade oder im gelindesten Grade der elektr. Behandlung. Wenn der Kranke das Bett nicht verlassen kann, so muß das ganze Bettgestelle isolirt werden. 2) Dem elektrischen Winde (elektr. Tuschbade) wird der kranke Theil ausgesetzet, wenn man die E. durch Spitzen auf ihn strömen läßt: je fei-

ner die Spitzen sind, desto sanfter, je stumpfer sie sind, desto heftiger ist die Wirkung. 3) Das leidende Glied des isolirt elektrisirten Kranken wird mit Flanell umwickelt, und mittelst eines sich in eine größere Kugel endigenden Drahtes werden dann kleine Funken ausgezogen. 4) Will man mit stärkeren Funken wirken, so zieht man sie mittelst eines stumpfen Leiters aus der bloßen Haut. 5) Am heftigsten wirkt die E., wenn man die kranken Theile in dem Erschütterungskreise einer Kleist'schen Flasche kleinen Schlägen aussetzet. Diese Anwendungsart erfordert aber die größte Behuthsamkeit und sehr viele Geduld Um die Ladung der Flasche und die davon abhängende Stärke der Schläge ganz in der Gewalt zu haben, bedient man sich einer dem Lane'schen Auslade-Elektrometer ähnlichen Flasche (Fig. 39). An dem mit der inneren Belegung communicirenden Drahte A, ist mittelst einer metallenen Fassung die gebogene Glasröhre B befestigt, durch deren obere metallene Fassung der Draht C gesteckt ist und darin hin und her geschoben, also mit seinem Knöpfchen dem Kopfe der Flasche genähert oder davon entfernt werden kann. An dem Ringe D ist an einer leitenden Schnur der ebenfalls mit Knöpfchen versehene Draht E befestigt. Ein ähnlicher Draht F ist auf dieselbe Weise mit der äußeren Belegung in Verbindung. Mit dem einen dieser isolirt angefaßten Drähte wird das kranke Glied dort berührt, wo der Schlag anfangen, mit dem andern dort, wo er aufhören soll. Durch das Nähern des Drahtes C an den Knopf des Drahtes A werden die Schläge schwächer, durch das Entfernen stärker: so lange die Entfernung der zwey Knöpfe dieselbe bleibt, behalten auch die Schläge gleiche Stärke. (J. G. Krünitz Verzeichniß der vornehmsten Schriften von der E. und den elektr. Curen. Halle 1769. Hartmann, die angewandte E. bey Krankheiten des menschl. Körpers. Hannover 1770. Paet's van Troestwik, Krayenhof, Deimann, von den guten Wirkungen der E. in verschiedenen Krankheiten; übersetzt von Kühn. 2 B. Leipzig 1793. K. G. Kühn Geschichte der physik. und medicinischen E. Leipzig 1783 bis 1785. Fortsetzung 1796 und 1797).

b) Von der durch Berührung erregten oder galvanischen Elektricität.

172. Gleichwie verschiedenartige Körper durch Reiben entgegengesetzt elektrisch werden; so geschieht dieses auch bey der bloßen Berührung, jedoch in einem viel geringeren Grade. Gleichwie beym Reiben die Verschiedenartigkeit des Reibzeugs und des geriebenen Körpers auf die Intensität der frey werdenden E. und auf die Art, welche sich in einem und in dem andern zeigt, einen großen

Einfluß hat: so ist dieses beym Berühren in einem noch viel höheren Grade der Fall. Wird eine Zinkscheibe auf eine Silberscheibe gelegt, so erhält das Zink freye positive, das Silber freye negative E., nicht allein während der Berührung, sondern auch nach ihrer Trennung mittelst isolirender Handgriffe, z. B. Siegellackstängelchen. Wird an das Ende eines Kupferstreifs ein Zinkstreif gelöthet, und mit dem Kupferende die kupferne Condensator-Platte berührt, während man das Zinkende in der Hand hält; so zeigt das mit dem Condensator verbundene Elektrometer — E.; + E. hingegen, wenn das Zinkende des mit dem Kupferende gehaltenen Streifes den zinkenen Condensator-Deckel, berührt. Schwefel erhält in Berührung mit Metallen — E., während diese positiv elektrisch werden. Von Metallen berührt, werden trockne Säuren, zum Beyspiel Phosphor-, Bor-, Weinsteinsäure und dergleichen — elektrisch, trockne Alkalien, z. B. Baryt, Kalk, Natron und dgl. + elektrisch, während die Metalle jedes Mahl den entgegengesetzten elektr. Zustand annehmen. Setzt man die Versuche fort, so findet man, daß alle in ihrer chem. Natur nur einiger Maßen verschiedene Substanzen bey der unmittelbaren Berührung sich in den entgegengesetzten elektr. Zustand, oder in einen gewissen Grad von elektr. Spannung versetzen. Am auffallendsten zeigt sich diese Erscheinung bey dem Berühren verschiedenartiger Metalle, dann dieser mit Kohle, überhaupt bey der Berührung zwischen Volta's Leitern vom ersten Range (§. 145); dagegen kaum bemerkbar zwischen flüssigen und starren Substanzen; daher heißen jene auch Elektricitäts-Erreger oder Elektromotoren. Auch zwey Stücke desselben Metalls, verschieden modificirt, z. B. gegossenes und gewalztes Zink, warmes und kaltes Wismuth u. dgl., versetzen sich durch Berührung in den entgegengesetzten elektr. Zustand (wie polirtes und mattgeschliffenes Glas durch Reiben). — Wie durch Berührung E. erregt werde, ist bisher eben so wenig erklärt, als wie die Elektricitäts-Entwicklung durch Reibung: man sagt zwar, das elektr. Gleichgewicht werde gestöret, der eine Elektricitäts-Erreger gebe an den andern etwas von seiner + E. ab, und erhalte dafür etwas von dessen — E., wodurch jener —, dieser + elektrisch werden müsse, ohne jedoch hiermit etwas erkläret zu haben.

Die elektr. Spannung, die durch das Berühren zweyer selbst der besten Elektromotoren entsteht, ist immer nur sehr schwach, daher durch das Elektrometer selten unmittelbar, sondern nur unter Vermittelung

des Condensators bemerkbar. Die empfindlichsten Elektroskope für die auf diese Art erregte E. sind die Nerven kaltblütiger Thiere, z. B. in Froschschenkeln. Diese haben auch zur Entdeckung der Berührungs-Elektricität die Veranlassung gegeben. Prof. Alois Galvani in Bologna bemerkte (1790) während seiner Versuche über den Einfluß der E. auf die Reitzbarkeit der Nerven das jedesmahlige Entstehen von Zuckungen an präparirten Froschschenkeln, die er mittelst eines kupfernen Hakens an ein eisernes Geländer hing, so bald beyde Metalle an einem Puncte unter sich und an andern zugleich mit dem Frosch-Präparate in Berührung kamen. Er setzte die Versuche fort und sah die Zuckungen jedes Mahl sich erneuern, wenn Nerven und Muskeln des Frosch-Präparats zwischen zwey in einem Puncte sich berührende verschiedenartige, oder auch nur verschieden modificirte Metalle zu liegen kamen. Er hielt deßwegen eine eigene, so genannte thierische E. für die Ursache dieser Erscheinung, und suchte einige Zeit hindurch diese Meinung gegen Alexander Volta zu vertheidigen, welcher durch Versuche zeigte, daß die E. von den Metallen komme, und bey ihrem Durchströmen die Nerven eben so reitze, wie die durch Reiben erregte E., weßwegen er jene auch Metallreitz nannte. Diese Versuche und richtigen Ansichten führten Volta (1800) zur Erfindung der von ihm benannten Säule. Nicholson und Carlisle entdeckten (1800) die chemische Wirksamkeit dieser Art von Elektricität. Viel früher (1767) hatte Sulzer bemerkt, daß Bley und Silber unter sich und mit der Zunge in Berührung gesetzet, auf dieser einen eisenartigen Geschmack erregten. — Die durch Berührung erregte E. oder Berührungs-, auch Contacts-Elektricität, deren Gesetze und mannigfaltige Wirkungen man nun weit besser kennet, indem man ihnen in den letzten Jahren mit Vernachlässigung der Reibungs-Elektricität fast ausschließend nachgeforscht hat, behielt von ihrem Entdecker den Nahmen der galvanischen oder des Galvanismus. — Um Galvani's Versuche nachzumachen, muß man auf folgende Weise verfahren: Man präparirt einen Frosch (Fig. 40) so, daß an den unteren Extremitäten desselben ein kleines Stück vom Rückgrathe A B nur mittelst der entblößten Nerven c d hängen bleibe. Dann entblöße man durch Abziehen der Haut auch die Schenkelmuskeln. Das Stück Rückgrath sammt einem Theile der Nerven umwickle, armire, man mit Staniol, oder lege auch bloß ein Zinkblech darunter; dann berühre man mit dem einen Ende eines Silberdrahtes den entblößten Muskel, mit dem andern Ende die Armatur des Nerven: es erfolgen so heftige Zuckungen, daß öfters das ganze Präparat in die Höhe springt. Man kann auch die Muskeln mit einem Stück Silber armiren; dann ist es gleichgültig, von was für einem Metalle der die beyden Armaturen verbindende Draht oder Bogen sey. Will man den Versuch ab-

ändern, so lege man den präparirten Frosch so über die Ränder zweyer sehr nahe stehender, sich jedoch nicht berührender, mit Wasser gefüllter Gläser, daß die Nerven-Armatur in das Wasser des andern Glases eintauche: berührt man nun mittelst eines gebogenen Silberdrahtes die Armatur des Nerven, und steckt das andere Ende des Drahtes in das Wasser, worin sich die Schenkel befinden, oder bewerkstelliget man auf eine andere Art eine leitende Verbindung zwischen dem Wasser in den zwey Gläsern, so bewegen sich die Schenkel mit einer solchen Heftigkeit, daß sie manches Mahl vom Glase herabspringen. Aehnliche Versuche hat man auch an frisch amputirten Gliedmaßen von Menschen, ja an dem Rumpfe und Kopfe Enthaupteter mit gräßlichen Erscheinungen, dann an lebenden Thieren von allen Classen angestellt, und jedes Mahl Zuckungen entstehen gesehen, wenn man Muskeln und die zu ihnen gehenden Nerven mit zwey verschiedenen in Verbindung stehenden Metallen berührte. Man zieht Frösche zu solchen Experimenten vor, weil bey diesen Thieren die Reitzbarkeit nach dem Tode am längsten anhält; denn ist die Reitzbarkeit einmahl ganz verloschen, welches durch die Versuche selbst beschleunigt wird, so können keine Zukkungen mehr hervorgebracht werden. Daher fand auch Configliachi, daß Thiere, welche durch unmittelbare Vernichtung der Reitzbarkeit getödtet, z. B. durch Viperngift oder Blausäure vergiftet worden sind, sich gegen den galvanischen Reitz (einer Volta'schen Säule von 80 Plattenpaaren) viel weniger empfindlich zeigten. (Gilb. An. 70, 294).

173. Als Elektricitätserreger wendet man gewöhnlich Metalle, sehr selten Kohle an. Zwey in Berührung stehende, in entgegengesetztem elektr. Zustande befindliche Elektricitätserreger heißt man eine einfache galvanische Kette. Die Erfahrung hat gelehrt, daß solche Metalle, die in Hinsicht ihrer Verwandtschaft zum Sauerstoffe, also in Hinsicht ihrer chem. Natur überhaupt, sehr verschieden sind, in der Berührung die größte elektr. Spannung erlangen, also die wirksamste galvanische Kette geben; ferner daß dasjenige Metall, welches zum Sauerstoffe die größere Verwandtschaft hat, in der Berührung immer + E., das andere also in eben diesem Grade — E. erhält. In folgenden Erregern, welche, der Erfahrung gemäß, wirksame Glieder einer galvanischen Kette abgeben können, erhält der vordere in Berührung mit einem ihm nachstehenden immer + E., der letzte also — E.: Zink, Eisen, Zinn, Bley, Antimon, Arsen, Wismuth, Kupfer, Quecksilber, Silber, Gold, Platin, Holzkohle, krystallisirtes Manganoxyd. Die elektr. Spannung wird um so stärker, je

weiter die angewendeten zwey Erreger in dieser Reihe von einander abstehen. Im Anfange wendete man Silber und Zink, gegenwärtig, wegen des geringen Unterschiedes in der Wirksamkeit bey größerer Wohlfeilheit, meistens Kupfer und Zink zu galvanischen Ketten an, und löthet die zwey Metalle gewöhnlich an einander, wodurch man die sogenannten Doppelplatten erhält. Das Zink wird dem Obigen zu Folge immer +, das Kupfer (oder Silber) — elektrisch. Verbindet man das Zinkende der galvan. Kette mit dem Kupferende durch einen Leiter, z. B. durch einen Metalldraht, durch die Finger u. dgl.; so neutralisiren sich die zwey entgegengesetzten Elektricitäten, und beyde Metalle verlieren ihren elektr. Zustand, oder ihre elektr. Spannung: man sagt dann die Kette sey geschlossen. So lange die Kette geschlossen ist, muß, da die in Berührung bleibenden Metalle E. zu erregen nicht aufhören, ein beständiges Strömen der entgegengesetzten Elektricitäten durch den schließenden Leiter (und zwar der + E. vom Zink gegen das Kupfer, der — E. vom Kupfer gegen das Zink) Statt finden; man heißt dieses den galvanischen Strom und seinen Weg den Kreis der galv. Kette.

Reihe der galv. Elektricitätserreger. a) Nach Ritter: + Zink, Bley, Zinn, Eisen, Wismuth, Kobalt, Arsen, Kupfer, Messing, Antimon, Platin, Gold, Quecksilber, Silber, Kohle, Bleyglanz, Zinngraupen, Kupfernickel, Schwefelkies, Kupferkies, Arsenikkies, Palladium, Graphit, krystallisirtes Braunsteinoxyd —. b) Nach Poggendorff: + Zink, Kadmium, Mangan, Bley, Zinn, Eisen, Stahl, Uran, Messing, Kupfer, Magneteisenstein, Kupfernickel, Kobalt, Wismuth, Antimon, Arsen, Chrom, Silber, Nickel, Quecksilber, Schwefelkupfer, Schwefelkies, Tellur, Gold, Bleyglanz, Kohle, Platin, Graphit, Manganhyperoxyd. c) Nach Marianini: Zink, Bley, Zinn, Mangan, Eisen, kryst. Magneteisen, Messing, Kupfer, Nickel, Zinnober, Molybdänglanz, Arsen, Silber, Quecksilber, Rothgültigerz, Bleyglanz, Fahlerz, Kobaltglanz, blättriges Tellur, Kupferkies, Platin, Gold, goldhältiges Gediegentellur, Graphit, Arsenikkies, Magnetkies, unkrystallisirter Schwefelkies, strahliges Graubraunsteinerz, lange in der Luft gelegene Kohle. d) Nach Pfaff: + Zink, Bley, Kadmium, Zinn, Eisen, Wismuth, Kobalt, Arsen, Kupfer, Antimon, Platin, Gold, Quecksilber, Silber, Kohle, Glaserz, Schwefelkies, Kupferglanzerz, Kupferkies, Bleyglanz, Zinngraupen, Kupfernickel, Arsenikkies, Schwefelmolybdän, Uranprotoxyd, Pecherz, Titanoxyd (Oisanit oder Atanas), Graphit, derber Wolfram, Schrifterz, krystalli-

firtes Graubraunsteinerz —. Legt man eine Kupferplatte auf eine isolirte Zinkplatte, so wird, wenn sich die + E. des Zinkes zu jener der Körper im natürlich oder 0 elektrischen Zustande wie + 1:0 verhält die — E. des Kupfers zur natürlichen E. ebenfalls wie — 1:0 verhalten, die elektr. Differenz zwischen Kupfer und Zink also = 2 seyn: die zwey E. E. vereinigt geben wieder 0, d. h. den natürlich elektr. Zustand. Beyde Metalle zusammen haben also weder elektr. Materie gewonnen noch verloren, sondern die mitgebrachte elektr. Materie hat sich durch die Berührung in beyden nur anders vertheilt. Ist das Zink aber in leitender Verbindung mit der Erde, so wird es an diese den erhaltenen Ueberschuß von + E. abgeben, und den erlittenen Mangel an — E. aus derselben ersetzen, folglich stets natürlich oder 0 elektrisch bleiben; weil aber die Differenz des elektr. Zustandes in beyden Metallen, der elektromotorischen Wirkung wegen, immer gleich bleiben muß; so wird nun das Kupfer einen negativ elektr. Zustand = 2 erhalten müssen. Man sieht daraus, daß der elektr. Zustand des einen der berührenden Metalle sich doppelt so stark von jenem der natürlich elektr. Körper unterscheidet, wenn das andere Metall mit der Erde in leitender Verbindung, als wenn es isolirt ist. Hieraus läßt sich auch erklären, warum die Versuche, um die durch Berührung erregte E. zu erforschen, so angestellt werden müssen, wie sie oben (§. 172) beschrieben worden sind. Gleichwie die Verwandtschaftskräfte und das elektr. Leitungsvermögen der Körper mit der Temperatur sich ändern; so ist auch der elektr. Zustand, den zwey Körper durch die wechselseitige Berührung erlangen, nach der T. verschieden: wenn bey der gewöhnlichen T. der Atm. das Metall A durch die Berührung mit dem Metalle B positiv, das letzte folglich negativ elektrisch wird; so kann bey einer der Glühhitze nahen T. A negativ, B hingegen positiv elektrisch werden. Daraus lassen sich zum Theil D e s s a i g n e's Beobachtungen erklären, daß ein Cylinder desselben Metalls durch ungleiches Erwärmen, z. B. nur an Einem Ende, zu einer einfachen galv. Kette wird, womit man präparirte Froschschenkel in Zuckungen versetzen kann; daß man die elektrometrische Wirkung eines Plattenpaares von Silber und Zink ganz aufheben kann, wenn man das Zink allein bis auf einen gewissen Grad erhitzet, oder das Silber allein erkältet. Darauf wird der später abzuhandelnde Thermo-Magnetismus zurückgeführt werden.

174. Legt man auf die mit der Zinkscheibe verbundene Kupferscheibe noch eine Zinkscheibe, so daß sich die Kupferscheibe auf beyden Seiten mit Zink in Berührung findet: so verschwindet jede Spur von freyer E., weil die gleichen Wirkungen von beyden Seiten in entgegengesetzter Richtung sich wechselseitig aufheben. Deßwegen zeigt das mit dem Condensator verbundene Elektrometer keine E. an, wenn

man den oben genannten Doppelstreifen mit dem Kupferende hält, und die kupferne Platte des Condensators mit dem Zinkende berührt: hier befindet sich nähmlich das Zink auch auf beyden Seiten mit Kupfer in Berührung. Fügt man zu den drey Scheiben Zink, Kupfer, Zink, noch eine Kupferscheibe; so erhält man keine stärkere Wirkung als von einem einzigen Plattenpaare. Die Wirkung bleibt die nähmliche, man mag auch noch so viele Plattenpaare in der angeführten Ordnung unmittelbar über einander schichten. Ein ganz anderes Verhältniß tritt aber ein, wenn man die einzelnen Ketten durch Substanzen trennet, welche mit den Metallen durch Berührung keine E. zu erregen vermögen, durch welche jedoch die E. durchwirken kann, wohin einige Isolatoren, z. B. Glas, Seide, Harz, Papier u. dgl., dann einige flüssige Halbleiter, z. B. Wasser, Salzlaugen, tropfbare Säuren u. dgl., gehören, wovon auch die letzteren für die galv. E., ihrer äußerst geringen Spannung wegen, sich wie Nichtleiter verhalten. Bringt man auf eine aus Kupfer und Zink bestehende Kette eine äußerst dünne Glas- oder Papierscheibe, eine Lage Firniß, oder eine nasse Pappscheibe, und legt dann auf diese noch eine Kupferscheibe: so behält nicht allein die galvan. Kette ihre vorige Spannung, sondern die durch die isolirende Zwischenschichte getrennte Kupferscheibe erhält auch den + elektr. Zustand der zunächst unter ihr liegenden Zinkscheibe in dem nähmlichen Grade durch Vertheilung. Fügt man noch eine Zinkscheibe hinzu, so hat man eigentlich zwey einfache Ketten, die durch einen der genannten Zwischenkörper getrennt sind: die Glieder jeder einzelnen Kette zeigen wechselseitig den vorigen Grad der elektr. Spannung; allein zwischen der Zinkscheibe des oberen und der Kupferscheibe des unteren Paares, also zwischen den beyden Endgliedern der Doppelkette ist die Spannung noch Ein Mahl so stark. Schichtet man mehrere einfache, das gleichnahmige Metall derselben Seite zuwendende galvanische Ketten so über einander, daß eine von der andern durch eine der eben genannten Substanzen, z. B. durch eine nasse Pappscheibe, getrennt ist: so wird die elektr. Spannung zwischen den Endgliedern dieser zusammengesetzten Kette im geraden Verhältnisse mit der Zahl der Plattenpaare verstärkt, d. h. sie ist zwischen den Endgliedern von 20 Plattenpaaren 20 Mahl so stark, als zwischen den einzelnen Metallen Eines Plattenpaares. Den durch eine solche Verbindung der einzelnen Ketten verstärkten galvanischen Apparat heißt

man die **elektrische** oder häufiger, ihrem Erfinder zu Ehren, **Volta'sche Säule**, (die Volta'sche Batterie, *pile electrique s. voltaique*) und die beyden Endglieder die **Pole** derselben: das Kupferende ist der **negative**, das Zinkende der **positive Pol**.

Man stelle sich eine aus Zink und Kupfer erbaute Säule von 5 Plattenpaaren vor, welche durch nasse Pappscheiben oder durch einen **feuchten Leiter**, wie man gewöhnlich spricht, getrennt sind; das Kupfer sey bey allen nach unten, das Zink nach oben gerichtet; die Säule sey **am Kupferende mit dem Boden in leitender Verbindung**. In dem untersten Plattenpaare A wird das Kupfer wegen seiner Verbindung mit dem Boden stets 0 elektrisch bleiben: die Zinkscheibe wird + elektrisch werden: ihr elektr. Zustand soll durch + 2 ausgedruckt werden. Der auf dem Zinke liegende feuchte Leiter wirkt mit den Metallen nicht elektromotorisch und ist für so schwache Elektricitätsgrade ein Nichtleiter, durch welchen die + E. des Zinkes nur vertheilend wirken kann, und zwar um so leichter und besser, je mehr sich die Flüssigkeit in ihrer elektr. Natur den Leitern nähert. Durch diese vertheilende Wirkung wird in demselben Grade, wie das darunter liegende Zink, jeder auf der Pappscheibe liegende Leiter + elektrisch, folglich auch das zweyte Plattenpaar B: dieses ist also nicht mehr 0, sondern schon + 2 elektrisch. Nun geschieht die elektromotorische Wirkung in dem Plattenpaare B, vermöge welcher der elektr. Zustand des Zinkes um 2 positiver als jener des Kupfers seyn muß: das Kupfer gibt + E. an das Zink ab, wird aber durch die vertheilende Wirkung des Plattenpaares A, welches seinen scheinbaren Verlust aus dem Boden ersetzt, stets auf + 2 erhalten; daher muß die elektromotorische Wirkung in dem Plattenpaare B so lange fortdauern, bis die + E. des Zinkes + 4 wird. Mittelst dieser wirkt es vertheilend durch die zweyte Pappscheibe auf das dritte Plattenpaar C, wo nun der elektr. Zustand des Kupfers + 4, jener des Zinkes + 6 seyn wird. Im vierten Plattenpaare D werden die elektr. Zustände der beyden Metalle + 6 und + 8, in dem Plattenpaare E + 8 und + 10 seyn. Die Spannung zwischen der letzten Zink- und ersten Kupferplatte verhält sich also wie 10:0, oder ist 5 Mahl so groß, wie die Spannung zwischen den Metallen jeder einzelnen Kette. — Ist die Säule **von beyden Seiten isolirt**, so wird in der ersten Kette das Kupfer — 1, das Zink + 1 elektrisch. Fügt man beyder Seits noch eine durch einen feuchten Leiter getrennte Kette hinzu, so wird auf der Zinkseite das Kupfer + 1, das Zink + 3; auf der Kupferseite dagegen das Zink — 1, das Kupfer — 3 elektrisch u. s. f. Die Spannung zwischen den einzelnen Gliedern Einer Kette, und zwischen den beyden Polen der ganzen Säule ist also gleich, die Säule mag isolirt oder nicht isolirt seyn; wenn aber

eine Säule mit Einem Pole in leitender Verbindung steht, zeigt sie am andern Pole gegen natürlich elektr. Körper eine doppelt so starke Spannung, als sie an jedem Pole äußert, wenn sie isolirt ist. Eine isolirte Säule hat in ihrer Mitte den Indifferenzpunct, d. h. eine Kette, die sich von dem natürlich elektr. Zustande der umgebenden Körper am wenigsten entfernt; an den beyden Polen weicht sie auf entgegengesetzte Art von diesem natürlich elektr. Zustande am meisten ab; eine nicht isolirte Säule dagegen hat ihren Indifferenzpunct an dem mit dem Boden in leitender Verbindung stehenden Pole, und ihre größte Abweichung vom natürlich elektr. Zustande an dem isolirten Pole. Folgendes Schema mag dieses versinnlichen: A stellt eine unten, B eine oben in leitender Verbindung stehende, C eine isolirte Säule aus 5 Ketten vor; Z bedeutet Zink, K Kupfer, die Puncte stellen den feuchten Leiter vor:

A	B	C
K — 10	K 0	K — 5
Z — 8	Z + 2	Z — 3
....	....	....
K — 8	K + 2	K — 3
Z — 6	Z + 4	Z — 1
....	....	....
K — 6	K + 4	K — 1
Z — 4	Z + 6	Z + 1
....	....	....
K — 4	K + 6	K + 1
Z — 2	Z + 8	Z + 3
....	....	....
K — 2	K + 8	K + 3
Z 0	Z + 10	Z + 5

Aus dem Gesagten erhellet, daß die Volta'sche Säule die größte Aehnlichkeit hat mit einem Systeme von belegten und in schwachem Grade auf dieselbe Art elektrisirten Glastafeln, welche auf einander gelegt werden (§. 161), oder mit einer Batterie von isolirten schwach geladenen Leidner-Flaschen, derer innere und äußere Belegungen in wechselseitiger leitender Verbindung stehen (§. 167). Nur ist der große Unterschied nicht zu übersehen, daß sich die Volta'sche Säule beständig selbst ladet, also das Strömen der E. nach dem Schließen der Säule ununterbrochen fortdauert, da die beschriebene elektr. Flaschen- oder Glastafel-Batterie durch eine selbst nur augenblickliche leitende Verbindung der entgegengesetzten Belegungen ganz entladen wird, und dann kein Zeichen von E. mehr gibt. Ein System von äußerst dünnen Glasscheiben, auf der einen Seite mit Silber-, auf der andern mit Zinkfolie belegt und so übereinander geschichtet, daß immer die Zinkbelegung der einen Scheibe auf der Silberbelegung der andern zu liegen kommt, ist eine elektromotorische, d. h. sich selbst durch die bloße

Berührung der zwey verschiedenen Metalle ladende Säule. Nach Volta's ursprünglicher Theorie verhalten sich die Zwischenkörper nicht wie Isolatoren, sondern wie gleichgültige, jeder elektromotorischen Thätigkeit unfähige Leiter. Becquerel's neueste Untersuchungen (*Annal. de chim. et phys.* 41, 10) haben außer Zweifel gesetzt, was von Davy, Ritter, Pfaff und m. A. schon früher angenommen worden war, daß der flüssige Leiter ebenfalls elektromotorisch auf die Metalle wirket (obschon die dadurch erregte E. immer viel geringer als die durch die Berührung der Metalle selbst erregte ist), daß sie von der Concentration der Flüssigkeit, von ihrer Temperatur abhängig, mit der durch die Berührung der Metalle erregten bald übereinstimmend, bald derselben entgegengesetzt ist, und daß sie also das Resultat der elektromotorischen Wirkung der Metalle im ersten Falle vermehrt, im zweyten Falle aber demselben Abbruch thut (Gilb. A. 78, 169. Bischoff in Gilb. A. 77, 269. — Walker in Gilb. A. 80, 89, 301, 443). Daher kömmt es, daß der elektr. Zustand, welchen zwey Metalle durch die unmittelbare Berührung erlangen, öfters demjenigen entgegengesetzt ist, den sie annehmen, wenn ein tropfbarer Leiter zwischen dieselben gebracht wird: so wird das Zink positiv, das Kupfer negativ elektrisch, wenn sie sich unmittelbar berühren: dagegen das Zink negativ, das Kupfer positiv, wenn eine dünne Schichte Wassers oder einer verdünnten Schwefelsäure zwischen beyde gebracht wird; so kehret tropfbare Schwefelwasserstoffs. als flüssiger Leiter die Pole einer Volta'schen Säule ganz um. — Elektr. Reihe der Metalle von dem positivesten zum negativsten, nach Davy: a) mit gewöhnlichen Säuren: Kalium, Kaliumamalgam, Barium, Bariumamalgam, Zinkamalgam, Zink, Kadmium, Zinn, Eisen, Wismuth, Antimon, Bley, Kupfer, Silber, Palladium, Tellur, Gold, Kohle, Platin, Iridium, Rhodium; b) mit alkalischen Laugen: Alkalimetalle und ihre Amalgame, Zink, Zinn, Bley, Kupfer, Eisen, Silber, Palladium, Gold, Platin; c) mit schwefelwasserstoffsauren Salzlaugen: Zink, Zinn, Kupfer, Eisen, Wismuth, Silber, Platin, Palladium, Gold, Kohle.

175. Die Wirksamkeit einer Volta'schen Säule hängt ab von der Wirksamkeit, von der Zahl, Größe, und von der gehörigen Folge der einzelnen Ketten, dann von der Beschaffenheit vorzüglich von dem Leitungsvermögen des Zwischenkörpers, endlich von ihrer Isolirung. Die Wirksamkeit der einzelnen Ketten ist abhängig: a) von der Verschiedenartigkeit der beyden Metalle; Zink und Silber geben daher eine wirksamere Säule als Zink und Kupfer, oder als Kupfer und Eisen, oder als Bley und Zinn (§. 173); b) von der vollständigen Berührung der beyden Metalle, wenn auch nur auf einer kleinen Fläche;

daher man sie zusammenlöthet; c) von dem vollständig regulinischen Zustande ihrer Oberflächen; daher angelaufene Metalle schwächer wirken, als blanke; daher die Wirksamkeit der Säule im Anfange am größten ist. — Diejenigen Wirkungen, welche von der Menge der zu gleicher Zeit in Thätigkeit kommenden elektr. Materie abhängen, richten sich nach der Größe der Platten oder der sich berührenden Flächen: diejenigen Wirkungen hingegen, welche eine erhöhte Spannung der E. erfordern, nach der Zahl der Plattenpaare. — Die Glieder einer Säule müssen immer in der Ordnung folgen, in welcher man dieselbe zu bauen angefangen hat; also stets KZ...KZ... oder stets ZK...ZK... u. s. w. Jedes in einer andern Richtung gelegte Plattenpaar strebt der Hauptwirkung der Säule entgegen und schwächt sie um so viel. Eine Säule, wovon die eine Hälfte in der Ordnung KZ...KZ... die andere in der Ordnung ZK...ZK... gebauet wäre, würde gar keine Wirkung äußern. — Vom größten Einfluße auf die Wirksamkeit einer Säule ist der die einzelnen Ketten trennende Zwischenkörper. Man hat gefunden, daß eine aus denselben Ketten erbaute Säule an ihren Polen zwar dieselbe elektr. Spannung zeigt, man mag Glas, Harz, Seide oder was immer für eine Flüssigkeit als Zwischenkörper brauchen; daß aber die Geschwindigkeit, mit welcher sich diese Spannung nach einer Entladung wieder herstellet, sehr verschieden, und von der Leitungsfähigkeit dieses Zwischenkörpers abhängig ist. Bey Anwendung trockener Substanzen geschieht dieß Laden der Säulen, folglich auch das Strömen, wenn sie geschlossen ist, äußerst langsam; durch Wasser schon viel schneller, noch schneller durch Salzlaugen, am schnellsten durch verdünnte Säuren. Die feuchten Leiter folgen in ihrer Wirksamkeit abnehmend so auf einander: Salpetersäure, Salzsäure, Schwefelsäure, Salmiak-, Kochsalz-, Salpeter-, andere Salzlaugen, Wasser. Der feuchte Leiter muß die zwey Metalle, zwischen denen er liegt, in der ganzen ihm zugekehrten Oberfläche berühren und benetzen. Je dünner der Zwischenkörper ist, desto wirksamer wird die Säule; nur muß er die unmittelbare Berührung der zwey benachbarten Ketten, selbst nur in Einem Puncte, ganz hindern, sonst hört alle Wirkung auf. — Welchen Einfluß die Isolirung der Pole einer Säule auf ihren elektr. Zustand hat, ist oben (§. 174*) schon erwähnt worden. Die Säule muß aber auch so isolirt seyn, daß eine Kette mit der andern nur an Einer Fläche durch den feuchten Leiter in Verbindung tritt; jede an-

dere leitende Verbindung schwächt ihre Wirkung oder hebt sie auf: so würde ein längs der Säule herabhängender und alle Ketten berührender Metalldraht ihre Wirksamkeit vernichten; herabfließende Feuchtigkeit würde sie sehr schwächen. Daher erbauet man die Säulen auf einer Glasplatte zwischen Glasstäben; man benetzet die Papp-, Tuch- oder Filzscheiben nicht zu stark mit dem flüssigen Leiter, damit dieser durch sein Abrinnen die Isolirung nicht aufhebe; man bauet die Säulen nicht zu hoch, damit nicht die Flüssigkeit durch das große Gewicht der Säule zu sehr ausgepreßt werde; man verbindet bey mächtigen Apparaten lieber mehrere Säulen von höchstens 50 Plattenpaaren durch ziemlich dicke Metalldrähte: verbindet man die ungleichnahmigen Pole mehrerer Säulen, d. h. reicht der Draht immer von dem einen Pole der vorhergehenden zum entgegengesetzten Pole der folgenden Säule, so erhält man die Wirkungen eines so vielplattigen Apparats als in allen Säulen zusammen Plattenpaare vorhanden sind; verbindet man die gleichnahmigen Pole mehrerer gleich großer Säulen, so erhält man die Wirkungen eines Apparates von der Plattenzahl Einer Säule, von so viel Mahl größeren Platten, als Säulen auf solche Weise verbunden sind.

Das Zusammenlöthen der Platten verhindert das Eindringen der Feuchtigkeit zwischen den Metallflächen, welche sich unmittelbar berühren sollen; auch läßt sich eine Säule mit zusammengelötheten Plattenpaaren leichter aufbauen, und diese lassen sich nach dem Zerlegen der Säule schneller putzen. Um das Herabrinnen der Feuchtigkeit zu vermeiden, gibt man den etwas größeren Kupferscheiben einen tellerförmig aufgebogenen Rand. — Alle Wirkungen, welche von der Schnelligkeit eines Elektricitätsstromes von einer gewissen Spannung abhängig sind, müssen sich am kräftigsten äußern, wenn Salpetersäure als feuchter Leiter angewendet wird, und stufenweise abnehmen, je nachdem man Salzsäure, Schwefelsäure, eine Salmiak-, Kochsalz-, eine andere Salzlauge oder Wasser dazu braucht. Gay-Lussac hat gefunden, daß die Intensität dieser Wirkungen mit dem Grade der Concentration der angewendeten Säuren oder Salzlaugen im geraden Verhältnisse stehet; eine Auflösung von Kochsalz in Essig oder Wasser mit $^1/_{60}$ concentrirter Schwefelsäure und eben so viel Salpetersäure versetzet, leistet als feuchter Leiter gute Dienste. — Marianini (Schweigg. J. 49, 296) fand das Leitungsvermögen also die Wirksamkeit als feuchter Leiter in einer Volta'schen Säule im Meerwasser 100 Mahl größer als im destillirten Wasser. Wird das Leitungsvermögen des Meerwassers = 100 gesetzt, so kann nach Marianini's Versuchen (§. 145*) das Leitungs-

vermögen nachfolgender Flüssigkeiten (die starren Substanzen in dem 100fachen Gewichte Wassers gelöset) bey einer T. zwischen 3 und 6° R. durch die danebenstehenden Zahlen ausgedruckt werden:

Blaus. Natron	11	Bittersalz	63	Salzs. Kalk	110
Blausäure	18	Essigs. Natron	65	Phosphorsäure	127
Tropfb. Ammoniak	27	Saures kohlensaures Kali	67	Eisensalmiak	136
Natronlauge	33	Chlorigs. Kali	69	Klees. Kali	136
Phosphors. Kali	45	Kohlensl. Natron	69	Salmiak	149
Boraxlauge	45	Benzoesäure	71	Essigs. Kupfer	150
Phosphors. Natron	46	Mekons. Ammoniak	71	Salzsäure	154
Brechweinstein	51	Glaubersalz	74	Kleesäure	164
Zinkvitriol	52	Benzoes. Kali	77	Schwefelsäure	170
Chlorigs. Baryt	53	Salpeterlauge	78	Kupfervitriol	258
Kalilauge	56	Duplicatsalzlauge	80	Salpeters. Quecksilber	278
Salzs. Eisenprotoxyd	57	Kochsalzlauge	85	Salpeters. Silber	298
Salpeters. Kalk	57	Alaunlauge	85	Salzs. Gold	307
Essigs. Kali	59	Citronensäure	86	Salpetersäure	353
Salpeters. Baryt	60	Essigsäure	87	Salzs. Platin	418
Grüner Eisenvitr.	62	Weinsteins. Kali	92		
Weinsteinlauge	62	Weinsteinsäure	99		

Marianini fand übereinstimmend mit Gay-Lussac, daß das Leitungsvermögen der genannten Flüssigkeiten beynahe im Verhältnisse mit den Mengen der gelösten Salze wächst, nur etwas langsamer nahe gegen den Sättigungspunct. Das Leitungsvermögen einer Lauge von Bittersalz in 100 Thln. Wassers verhält sich zu jenem einer Lauge desselben Salzes in 1000 Thln. Wassers wie 24:13; jenes ähnlicher Laugen von Kochsalz wie 5:3, von Sauerkleesalz wie 27:11, von Schwefels. wie 9:4. Je heftiger die anfänglichen Wirkungen sind, desto schneller lassen sie nach, und desto eher hört die Wirksamkeit der Säule ganz auf: weil sich die Metalle mit einer Oxyd- oder Salzrinde bedecken, daher aus einander genommen und gereinigt werden müssen. Mit Salpetersäure erhält man also Säulen von der größten aber kürzesten, mit reinem Wasser von der schwächsten aber längsten, und mit Salzlaugen Säulen von mittlerer Wirksamkeit in beyden Beziehungen. Die so genannten trockenen Säulen, d. h. mit starren Zwischenkörpern, erhalten sich ungemein lange wirksam, allein wegen der äußerst langsamen Wiederladung bringen sie die eben genannten Wirkungen in einem kaum bemerkbaren Grade hervor. Zu den letzteren gehören die Zamboni'schen Säulen aus unechten Silber- oder Goldpapierscheiben, auf der Papierseite mit einer Zinkvitriolauflösung bestrichen und mit Manganoxyde eingerieben, dann Behren's Säulen aus glatten Feuersteinen, auf der einen Seite mit angeriebenem Zinke, auf der andern

mit Kupfer überzogen. De Luc baute Säulen aus Goldpapiere und verzinntem Eisenbleche. Biot brauchte als Zwischenkörper Scheiben aus geschmolzenem Salpeter. Dr. Jäger, der sich um die trocknen Säulen vorzüglich verdient gemacht hat, erhielt aus Säulen, in denen der feuchte Leiter durch dünne Harz- oder Firnißschichten, oder durch Seidenzeug ersetzt war, wie auch aus solchen, die er aus dünnen, an den entgegengesetzten Flächen mit Zink nnd Kupfer belegten Glasscheiben erbauet hatte, die unzweydeutigsten elektrischen Wirkungen (§. 170* Gilb. Annal. B. 49, 50, 51, 52, 53, 55, 58, 60). — Eine günstige Beschaffenheit der Atmosphäre, mäßige Wärme, so wie bey uns an gewöhnlichen Sommertagen, befördert die Wirksamkeit der Säule; viel höhere und niedrige Temperaturen thun ihr Abbruch: so verliert, nach Dessaigne, eine Volta'sche Säule ihre Wirksamkeit ganz, wenn sie gleichförmig bis + 80° R. erhitzt, oder bis — 15° R. abgekühlt wird; beym Abkühlen der bis + 80° R. erhitzten Säule verdoppelt sich ihre Wirksamkeit; wenn nur eine Hälfte der Säule erwärmet wird, so gewinnt die ganze Säule ebenfalls an Wirksamkeit. Man hat die Volta'schen (und zwar wegen der langen Dauer vorzüglich die trocknen) Säulen als meteorologische Instrumente zu brauchen angefangen, bisher aber ohne bekannten Erfolg (A. Walker über die Ursachen der elektr. Spannung in Gilb. A. 80).

176. Die lästigste Unbequemlichkeit der nassen Volta'schen Säulen-Batterie verursacht die wegen der schnellen Oxydirung so häufig eintretende Nothwendigkeit des Auseinandernehmens und Plattenreinigens. Um dieser Unbequemlichkeit auszuweichen, hat man die Trog-Apparate eingeführt, derer Einrichtung Fig. 41 zeigt. Der Trog ist von Holz mit Fugen zur Aufnahme der Platten, oder auch noch besser von Steingut, Porzellan oder Glas mit eingeschliffenen oder eingekitteten Platten. Die Doppelplatten werden so geordnet, daß die vorhergehende ihre Kupferseite immer der Zinkseite der folgenden zuwendet, und daß, wenn die erste in a mit Zink anfängt, die letzte in b mit Kupfer endigt. In die zollweiten Zwischenräume oder Zellen wird der flüssige Leiter, gewöhnlich eine Mischung von verdünnter Schwefel- und Salpetersäure, gegossen, welche also auf einer Seite mit Kupfer auf der andern mit Zink in Berührung ist. In diesem Apparate bedecken sich die Platten nicht leicht mit Oxyde, die Flüssigkeit kann leicht herausgegossen, die Platten können gereinigt und die Zellen frisch gefüllet werden. So bald die Flüssigkeit der verschiedenen Zellen communiciret, nimmt die Wirksamkeit des Apparates außerordentlich ab; daher müssen die Platten sehr gut ein-

geschliffen oder eingekittet seyn, welches wieder eigene Schwierigkeiten macht. Man hat gegenwärtig, um diese Schwierigkeit zu vermeiden, in Zellen eingetheilte Tröge ganz aus Porzellan oder aus anderem Töpferzeuge. Die Zink= und Kupferplatten sind nicht zusammengelöthet, sondern mittelst eines beyderseits angelötheten bogenförmigen Bleystreifs verbunden. Die zwey Metalle Eines Plattenpaares werden in zwey benachbarte Zellen gesteckt, z. B. vom ersten Plattenpaare das Kupfer in die erste, das Zink in die zweyte Zelle; vom zweyten Plattenpaare das Kupfer in die zweyte, das Zink in die dritte Zelle u. s. w. Auf diese Weise befinden sich in jeder Zelle (mit Ausnahme der ersten, die nur Eine Kupferplatte, und der letzten, die nur Eine Zinkplatte enthält) zwey verschiedene Metalle von zwey Plattenpaaren. Die zwey Platten von verschiedenem Metall in derselben Zelle dürfen sich ja nicht berühren. Mittelst des Bleystreifs sind alle Plattenpaare an Eine gefirnißte Holzleiste befestigt, damit sie zu gleicher Zeit in die Zellen gesenkt, und aus denselben gehoben werden können. Diesem Trog=Apparate (Wilkinson's trogartigem Becher=Apparate) ganz ähnlich ist der Becher=Apparat, wie ihn Fig. 42 zeigt, nur werden hier die Zellen von einzelnen, Zellen ähnlich geformten Gläsern gebildet. Man schließt einen solchen Apparat, wenn man die Zink= und Kupferplatten von den entgegengesetzten Enden in leitende Verbindung bringt. — Der Erfahrung zu Folge leidet die Wirksamkeit eines Volta'schen Apparates keinen Abbruch, wenn man die Oberfläche des Zinkes gegen jene des Kupfers bedeutend vermindert. Darauf gründet sich Graf Stadion's Becher=Apparat, welcher aus einem 10 Zoll hohen, ungefähr 1 W. Maß haltenden Cylinder von Kupfer besteht, mit einem kupfernen, einer Handhabe ähnlichen Bogen, von dessen Ende ein angelötheter, kaum 1 Zoll dicker Zinkstab bis nahe an den Boden des zweyten Gefäßes reicht, ohne ihn jedoch zu berühren. Diesem ähnlich ist die Wollaston'sche Einrichtung bey seinem Becher= oder becherähnlichen Trog=Apparare: jede Kupferplatte wird noch ein Mahl so lang gemacht und dann so umgebogen, daß die Zinkplatte des nächsten Paares von beyden Seiten mit Kupfer umgeben ist, ohne jedoch von demselben berührt zu werden. Ich habe mittelst eines aus einer einzigen kupfernen 1½ W. Zoll weiten Zelle bestehenden Apparats, in welchem ein Zinkblech von 28 Zoll Seite, also 784 Quadrat=Zoll Oberfläche von Einer Seite, auf zwey Glasstäben hing, sehr entsprechende Wirkungen erhalten.

Erdmann hat einen Kapsel-Apparat, Hauf einen Flaschen-Apparat, Oersted einen Röhren-Apparat vorgeschlagen. — Mit einem vorzüglichen galv. Apparate, welcher die Vortheile einer großen Plattenzahl mit denen vereinigt, die eine große Oberfläche der Platten gewähret, arbeitete H. Davy im Laboratorium der k. Institution zu London. Er besteht aus 200 einzelnen, mit einander zu verbindenden Apparaten; jeder einzelne Apparat besteht aus 10 in Porzellanzellen geordneten Doppelplatten, jede von 32 Quadrat-Zoll Oberfläche: der ganze Apparat also aus 2000 Doppelplatten mit 128000 Quadrat-Zoll Oberfläche. Die Zellen wurden mit einer aus 60 Theilen Wasser, 1 Theil Salpetersäure und 1 Thl. Schwefelsäure bestehenden Flüssigkeit gefüllt. Children's Trog-Apparat besteht aus 21 Zellen, welche mit einer Flüssigkeit gefüllt werden, die $1/_{40}$ bis $1/_{20}$ eines Gemisches von Salpetersäure und Schwefelsäure enthält, und worin von beyden Seiten mit Kupfer umgebene Zinkplatten passen, welche 6 engl. Fuß lang und 2 Fuß 8 Zoll breit sind. Der große Pariser Zellen-Apparat besteht aus 600 Plattenpaaren von 11 P. Zoll Seite; ein anderer aus 1500 Plattenpaaren von $6^1/_2$ Quadrat-Zoll Fläche.

177. Die elektromotorische Wirkung bey der Berührung flüssiger Substanzen sowohl unter einander als auch mit starren Körpern ist zwar sehr schwach, aber in manchen Fällen, vorzüglich mittelst der neueren, empfindlicheren Elektroskope, doch deutlich bemerkbar. Becquerel hat durch Versuche gefunden, daß die einzelnen Metalle in Berührung mit sauren Flüssigkeiten positiv, die letzteren daher negativ elektrisch werden, und daß bey Berührung der Metalle mit alkalischen Flüssigkeiten der umgekehrte Erfolg Statt findet; ferner, daß bey der Berührung des Kupfers mit einer Kochsalzlösung das erstere negativ, die letztere positiv elektrisch wird (Gilb. A. 78, 174). Von Yelin hat das Quantitative dieser Art von elektromotorischer Wirksamkeit bestimmt (Gilb. A. 73, 373). Beyspiele von so genannten Ketten der zweyten Art aus zwey tropfbaren Substanzen und aus Einem starren Körper, liefern Metallsalzlaugen, welche mit Wasser vorsichtig übergossen sind (so daß die zwey Flüssigkeiten sich nicht vermischen, sondern zwey abgesonderte Schichten bilden), wenn durch beyde ein Stück Metall von derselben Art, als in der einen Flüssigkeit aufgelöset ist, gesteckt wird, z. B. salzsaure Zinnauflösung, Wasser und metallisches Zinn; salpetersaures Silber, Wasser und ein Silberdraht; Bleyzuckerlösung, Wasser und ein Bleystängelchen und dgl. m. Die in diesen Ketten rege gewordene E. gibt sich dadurch kund, daß das starre Metall in seinen Berührungspuncten mit der

Metallsalzlauge aufgelöset wird, während es sich im Wasser nahe an der Gränze beyder Flüssigkeiten in Dentritenform ausscheidet. Schichtet man Wasser über Schwefelsäure und steckt man einen Platindraht durch beyde, so gibt sich die elektr. Wirkung durch Wasserzerlegung zu erkennen: die Säure vertritt hier die Stelle des fehlenden Metalles. Wird eine Kupfervitriollösung mit einer Schichte Ammoniaks bedeckt, und durch beyde ein Kupferdraht gesteckt, so wird das obere negative Ende des Kupferdrahtes mit Kupferkrystallen überzogen, während das untere positive Ende oxydirt und aufgelöset wird. Davy beschreibt eine viergliederige Kette, welche aus Kupfer, aus einem mit Salpetersäure getränkten, dann aus einem mit Kochsalzlauge durchdrungenen, endlich aus einem mit Schwefelleberlösung befeuchteten Tuchlappen besteht, und welche schon bey einer Verbindung von 50 Gliedern sich sehr wirksam bewiesen haben soll.

Zamboni's zweyelementige Säule (Gilb. A. 60, 151): eine Reihe von Uhrgläsern mit Wasser werden durch Staniolscheiben, die mit einem Streife versehen sind, so verbunden, daß die Scheibe (oder der breitere Theil des Staniolblattes) immer in dem vorhergehenden Uhrglase liegt, der Stiel oder Streif aber in das Wasser des folgenden Uhrglases taucht: das vordere Ende, welchem die Scheiben zugekehrt sind, wird positiv, das Stielende dagegen negativ elektrisch. — Erdmann will einige unvollkommen leitende Substanzen entdeckt haben, die im Kreise der Volta'schen Säule nur Eine Art von E. zu empfangen und zu leiten, also umgekehrt nur Einen Pol zu isoliren im Stande seyn sollen: vollkommen trockne Seife, trocknes Bleyweiß und die Flamme des Phosphors sollen z. B. nur die negative; die Flamme des Alkohols, des Wasserstoffgas, des Wachses und Oehles nur die positive E. aufnehmen (Gilb. Annal. B. 10, 11, 22).

Wirkungen der galvanischen Elektricität.

178. In ihren Wirkungen kommt die galvanische E. mit der gemeinen ganz überein, wenn man sich die Volta'sche Säule als eine elektr. Batterie von unermeßlicher Belegung, aber sehr schwacher Ladung, die sich jedoch alle Augenblicke erneuern kann, vorstellet. Der Galvanismus leistet also die Wirkungen einer sehr großen Menge von E. in dem Zustande einer sehr geringen Spannung. Man kann eine Leidner-Flasche, ja eine Batterie von 550 Quadrat-Fuß Belegung durch eine Volta'sche Säule augenblicklich laden; allein die Ladung bleibt immer nur sehr schwach. Man bemerkt daher bey der galvanischen E. alle jene Erscheinungen, die von der

Intensität der E., von der Stärke der Ladung oder der Spannung abhängen, wie z. B. die Anziehung und Abstossung, also die Wirkung aufs Elektrometer, dann die Erschütterungen, in einem viel schwächeren Grade, als bey der gemeinen, durch Reiben erregten E.; dagegen aber die von der Quantität der durchströmenden elektr. Materie abhängigen Wirkungen, z. B. das Glühendmachen von Metalldrähten u. dgl. m., in einem viel höheren Grade.

Die Anziehung und Abstossung der galv. E. zeigt sich vorzüglich in Zamboni's perpetuum mobile (Fig. 43). Zamboni stellet nähmlich zwey seiner oben §. 173 beschriebenen trockenen, in Glasröhren eingeschlossenen Säulen 4 bis 5 Zoll weit aus einander. Die Glasröhren endigen sich oben in metallene Köpfe A a, welche mit dem oberen Pole ihrer Säule in leitender Verbindung stehen. Die eine Säule hat den positiven, die andere den negativen Pol nach oben gerichtet. Unten stehen die Säulen mit der Erde oder unter einander in leitender Verbindung. In der Mitte zwischen beyden Säulen steht auf einem eigenen Fuße eine senkrechte, um ihren Befestigungspunct c in der Mitte äußerst bewegliche Nadel d f, die sich oben, genau zwischen den zwey metallenen Polknöpfen, in einen isolirten Metallring endigt. Berührt man mit dem Ringe nur Ein Mahl den einen Metallknopf, und überläßt ihn dann sich selbst, so wird er immerfort abwechselnd von einem und dem andern Pole angezogen, und die Nadel stellt durch ihre Pendelschwingungen das perpetuum mobile dar. Zamboni besitzet einen solchen Apparat, in welchem die Nadel sich schon seit einigen Jahren, ohne Nachhülfe und ohne eine bemerkbare Abnahme, in gleichförmiger Schwingung befinden soll. Mir ist es nicht gelungen, sie durch Ein Jahr in Schwingungen zu erhalten. Die Bewegung höret manchmahl ohne eine zu errathende Veranlassung auf, fängt aber nach einiger Zeit von selbst wieder an. Man hat das Pendel mit einem Uhrwerke verbunden; diese Uhren gehen aber unrichtig, weil die Einwirkung der E. auf das Pendel sehr ungleich ist, und daher auch seine Schwingungen nicht isochronisch seyn können. Auf diese Weise ließe sich auch ein immerwährendes galvanisches Glockenspiel einrichten (Assalim über Zambonis immerwährenden Elektromotor München 1814). Behrens hat die Zamboni'schen Säulen als wesentliche Bestandtheile eines sehr empfindlichen Elektrometers benützet, welches zugleich die Art der E. angibt, und welches nach Bohnenberger's Verbesserung folgende Einrichtung hat: An den messingenen Deckel eines cylindrischen 2,5 P. Z. weiten und 3,5 Z. hohen Trinkglases (Fig. 44) werden in einer Entfernung von 1,5 Z. mittelst eines Leiters zwey Zamboni'sche Säulen angeschraubt, wovon jede aus 400, nur 3 Linien im Durchmesser haltenden Scheiben bestehet, und wovon die eine den po-

sitiven, die andere den negativen Pol dem Deckel zukehret. In der Mitte zwischen den Befestigungspuncten der zwey Säulen ist der Messing-Deckel durchbohrt, um eine senkrechte, gefirnißte Glasröhre aufzunehmen, welche die Bestimmung hat, einen in derselben befestigten Messingdraht zu isoliren. Dieser Messingdraht trägt oben eine Condensatorplatte, und dienet unten einem Goldblättchen zur Befestigung, welches, wenn der Deckel auf dem senkrecht stehenden Glase ruhet, gerade zwischen den entgegengesetzten, nach unten gekehrten, mit Metallknöpfen versehenen Polen der zwey Zamboni'schen Säulchen schwebt. So lange das Goldblättchen nicht elektrisch ist, wird es von beyden Polen gleich stark angezogen, und bleibt deßwegen in der Mitte ruhig hängen; so bald man aber dem oberen Ende des Metalldrahts einen positiv oder negativ elektr. Körper nähert, oder denselben damit berühret, und folglich dem Goldblättchen durch Vertheilung oder Mittheilung nur eine Spur eines positiv oder negativ elektr. Zustandes ertheilet, nähert sich dieses sogleich dem entgegengesetzt elektr. Pole der Zamboni'schen Säule; indem es von diesem angezogen, von dem gleichnahmigen aber abgestoßen wird. Der messingene Deckel des Glases muß während des Versuches mit der Erde in leitender Verbindung stehen. Für sehr schwache Grade von E. wendet man bey diesem Elektrometer, gerade so wie bey dem Bennet'schen (§. 170), den Condensator an (Bohnenberger in den Tübinger Blättern 1, 380, und in Schweigg. J. 25, 159). Becquerel hat diesen Apparat dahin abgeändert, daß er statt zweyer senkrechter Zamboni'scher Säulen nur Eine wagrechte auf einem hölzernen Träger ruhende anwendet, von derer beyden Polen drey bis vier Linien lange Metallstreifen senkrecht in die Höhe steigen, zwischen denen das Goldblättchen schwebt (Gilb. Ann. 78, 171). — Die elektr. Anziehung und Abstossung, also die Wirkung aufs Elektrometer, sind von der Größe der Plattenpaare und von der Beschaffenheit des gebrauchten Zwischenkörpers ganz unabhängig, in trocknen Säulen also so stark als in nassen; sie richten sich bloß nach der Wirksamkeit und nach der Zahl der einzelnen Ketten, mit denen sie im geraden Verhältnisse stehen: die Art des gebrauchten Zwischenkörpers und die Größe der Platten haben nur auf die zur Erreichung der größten Spannung erforderliche Zeit einen Einfluß (Bohnenberger in Gilb. A. 53). Durch den oben beschriebenen großplattigen Children'schen Trog-Apparat wurde eine Leidner-Flasche nicht bemerkbar geladen, und daher das Elektrometer nicht merklich in Bewegung gesetzt. Die galvanische Anziehung treibt das Wasser durch poröse Substanzen, welche sonst für dasselbe undurchdringlich sind, von dem positiven zum negativen Pole, und erhebt es hier sogar über die Libelle (Gilb. A. 66, 273).

179. Aus der angeführten Ursache werden durch die Entladung

einer Leidner-Flasche viel heftigere Erschütterungen hervorgebracht, als durch das Schließen einer Volta'schen Säule. Man erhält diese Erschütterung, wenn man mit nassen Fingern oder mit großen, in nassen Händen gehaltenen Stücken Metalls zu gleicher Zeit die Endplatten an den beyden Polen berühret. Mittelst Drähte, die an den beyden Polen befestigt sind, kann man die Erschütterung durch beliebige Theile des Körpers leiten. Die Erschütterung, welche Volta der von elektr. Fischen erhaltenen sehr ähnlich fand, bemerkt man nur im Augenblicke des Schließens der Kette; läßt man nachher die Hände fortgesetzt in Berührung mit den Polen, so fühlt man keine Erschütterung mehr, sondern nur einen schwachen fortdauernden Reitz, der sich an wunden Stellen durch eine schmerzhafte Empfindung äußert. Ungeachtet sich die Erschütterungen, welche wohl mit einem Flaschenschlage Aehnlichkeit haben, von diesem jedoch wegen des fortdauernden Durchströmens und wegen des mehr nach Innen Dringens der E. zu unterscheiden sind, selbst bey ziemlich großen Apparaten selten über die beyden Arme erstrecken, sind sie doch so unangenehm und angreifend, daß ihre Wiederhohlung von großen Apparaten nicht leicht jemand lange zu ertragen im Stande ist. Diese Wirkung, welche sich nach der Plattenzahl richtet, hat man noch nicht bis zur Tödtung selbst nur sehr kleiner Thiere verstärken gelernt. Werden lebendige, oder auch erst unlängst getödtete Thiere in den galvanischen Kreis gebracht, so äußert sich das Durchströmen der E. durch Zuckungen: Froschschenkel sind wegen dieser Eigenschaft sehr empfindliche Elektroskope; denn sie werden schon von dem hundertsten Theile derjenigen E. afficirt, welche von dem besten Elektrometer angezeigt wird (Nobili in Gilb. A. 90, 157). Man wendet die galvan. E. auf dieselbe Art, wie die gemeine als Heilmittel gegen gewisse Krankheiten und als einen Prüfstein an, den wahren Tod, aus dem keine Rückkehr ins Leben mehr zu erwarten ist, von dem Scheintode zu unterscheiden, aus dem sie zugleich als Erweckungsmittel dient. Die letzte Wirkung steht nicht nur mit der Zahl, sondern auch mit der Größe der Plattenpaare und mit der Leitungsfähigkeit des angewendeten Zwischenkörpers in geradem Verhältnisse.

Wird der Kreis von Hare's Deflagrator (181*) mittelst der Hände geschlossen, so bemerkt man keinen eigentlichen Stoß, aber eine schmerzhafte, durch die ganze Zeit des Schließens mit gleicher Heftigkeit anhaltende Empfindung, welche an dem positiven Pole viel schmerzhafter als am negativen seyn soll.

180. Wird die feuchte Zungenspitze in die galvanische Kette gebracht, wird z. B. der Stiel eines silbernen Löffels auf und ein Zinkdraht unter die Zunge gelegt, und werden die beyden Metalle außer dem Munde in wechselseitige Berührung gesetzt; so bemerkt man einen stechenden Geschmack, der säuerlich ist, wenn die Zungenwärzchen vom positiven, alkalisch, wenn sie vom negativen Pole oder dessen Verlängerungen, z. B. daran befestigten Metalldrähten, berührt werden. — Lichterscheinungen bemerkt man an einfachen galvanischen Ketten nur dann, wenn die Gesichtsnerven mit in die geschlossene Kette kommen. Die von den zwey Polen einer größeren Volta'schen Batterie ausgehenden Drähte geben zwar knisternde Funken gegen einander, doch in viel geringerer Entfernung, als die Funken aus einem durch Reiben elektrisirten Körper überschlagen: Davy mußte die Drähte seines vortrefflichen Apparates auf 1/30 Zoll nähern, ehe Funken überschlugen. Diese Funken verhalten sich dann wie die einer Leidner-Flasche: sie entzünden leichtbrennbare Körper, z. B. Phosphor, Schwefel, Hydrogen, Kohle, Schießpulver, Alkohol u. dgl. m.

Auch aus trockenen Säulen hat man Funken erhalten. Die galv. Funken sind von so starker Licht-Intensität, daß sie selbst in der hellesten Kerzenflamme sichtbar werden. — Durch den Geruch hat man bisher die galv. E. nicht wahrgenommen.

181. Weil Leiter dann erhitzt und glühend werden, wenn sie gezwungen sind, eine für ihre Ausdehnung zu große Menge von E. auf Ein Mahl zu leiten: so sieht man, daß diese Wirkung von dem Volta'schen Apparate, in welchem die Menge der Erimmer sehr groß ist, in einem höheren Grade hervorgebracht werden muß, als von den elektr. Reibungs-Apparaten. Es folget ferner aus dem Gesagten, daß Volta'sche Apparate mit großen Platten und mit einem gut leitenden Zwischenkörper diese Wirkung in einem bey weitem höheren Grade hervorbringen, als Apparate mit einer solchen Anzahl kleiner Platten, daß die Summe ihrer Oberflächen jene der großen Platten viel übertrifft, und als Apparate mit einem schlecht leitenden, vorzüglich trockenen Zwischenkörper. Daß die schließenden Leiter um so heißer werden müssen, je dünner und feiner sie sind, je mehr also in ihnen die überströmende E. gleichsam zusammengepreßt wird, ist um so leichter begreiflich, weil auch der elektr. Funke dann entsteht, wenn die E. beym Durchbrechen der Luft in einen sehr en-

gen Raum zusammengepreßt wird: feiner Eisendraht und Blattgold schmelzen und verbrennen sehr leicht, wenn durch sie der galvanische Kreis geschlossen wird. Wenn ein Volta'scher Apparat von starker Spannung abwechselnd mit Drähten von derselben Länge und Dicke aber von verschiedenen Metallen geschlossen wird; so steht die Erhitzung, welche die Drähte erleiden, mit der Leitungsfähigkeit des Metalles, aus dem sie gezogen sind, im umgekehrten Verhältnisse: so wird z. B. ein Platindraht viel leichter glühend als ein Silberdraht, weil in jenem der elektr. Strom mehr Widerstand als in diesem findet: durch galvanische Batterien, die aus einer kleinen Zahl sehr großer Platten bestehen, in denen also eine sehr große Menge äußerst wenig gespannter E. entwickelt wird, kann ein guter Leiter, z. B. ein Silberdraht, viel leichter als ein schlechter Leiter, z. B. ein gleich dicker und langer Platindraht, zum Glühen gebracht werden. — Zum Maßstabe dieser Art von Wirksamkeit kann die Länge eines Drahtes von einer bestimmten Materie und Dicke dienen, der dadurch glühend, geschmolzen oder verbrannt wird: verbrennen z. B. 50 Paare 4 quadratzölliger Platten 1 Zoll von einem gewissen Stahldrahte, so werden 50 Paare 8 quadratzölliger Platten 2 Zoll davon verbrennen.

Children's riesenmäßiger Trog-Apparat äußerte auf das Wasser, auf das Elektrometer und auf den menschlichen Körper keine größeren Wirkungen, als ein Apparat aus derselben Zahl kleiner Platten; allein ein Platindraht von $1/_{20}$ Zoll Dicke und 18 Zoll Länge, in den Kreis dieser Batterie gebracht, wurde augenblicklich roth, dann so hell weißglühend, daß der Lichtglanz dem Auge unerträglich war, und das Metall nach wenigen Secunden in Tropfen herabfloß; Iridium und noch andere im Ofenfeuer unschmelzbare Substanzen wurden darin geschmolzen; Stückchen Kohle verbreiteten darin ein sonnenhelles Licht. Auch Davy brachte mit seinem oben beschriebenen Apparate große Wirkungen hervor: wurden an die beyden Poldrähte Stückchen Kohle von 1 Zoll Länge $1/_6$ Zoll im Durchmesser gebracht, und dieselben dann einander bis auf $1/_{30}$ Zoll genähert; so wurde ein lebhafter Funke erzeugt, und mehr als die Hälfte der Kohle auf Ein Mahl weiß glühend. Entfernte man die Enden der Kohle 4 Zoll weit auseinander, so fand eine ununterbrochene Entladung durch die Luft Statt, welche einen äußerst glänzenden, nach oben gekrümmten Lichtbogen bildete, der in der Mitte breit und konisch war. Brachte man in diesen Bogen irgend eine Substanz, so wurde sie augenblicklich glühend. Platin schmolz darin wie Wachs; Quarz, Saphir, Talkerde kamen in Fluß; Stück-

chen Kohle, Diamant, Graphit verschwanden augenblicklich und schienen sich im Feuer zu verflüchtigen, ohne vorher geschmolzen zu seyn. Diese Erscheinungen fanden auch in sehr verdünnter Luft unter der Glocke der Luftpumpe, und zwar auf die noch größere Entfernung von 6 oder 7 Zoll, Statt. Wollaston's galv. Feuerzeug: In einem beyderseits offenen, etwas platt gedrückten silbernen Schneider-Fingerhute wird ein Zinkplättchen isolirt befestigt; vom Zinke und vom Silber erheben sich Drähte, welche durch ein kurzes äußerst feines Stückchen Platindraht communiciren: taucht man den Fingerhut in verdünnte Salpetersäure, so wird das Platindrahtstückchen glühend, so daß man Zunderschwamm daran anzünden kann. Durch Verbindung einer größeren Anzahl solcher galv. Feuerzeuge stellte Robert Hare in Philadelphia seinen Deflagrator dar. Eine Zinkplatte von 7 Zoll Länge und 5 Zoll Breite in einer oben und unten offenen Hülse von Kupferblech so befestigt, daß sie von dem Kupfer nirgends berührt, sondern von demselben durch eine gefirnißte, zugleich als Befestigungsmittel dienende Holzleiste allenthalben in einer Entfernung von höchstens 1/4 Zoll gehalten wird. Mehrere dieser Vorrichtungen werden in einem hölzernen Troge so neben einander geschichtet, daß eine Hülse von der andern nur durch ein gefirnißtes Blatt Kartenpapiers getrennt ist. Erst nachdem die saure Flüssigkeit in den Trog gegossen worden ist, wird das Kupfer jedes Plattenpaares mit dem Zinke des folgenden Paares durch Metallstreifen verbunden. An die beyden Pole löthet man sehr dicke Bleydrähte, welche vorn mit hölzernen Handhaben versehen sind, weil sie während des Gebrauches öfters bedeutend heiß werden. Will man diese Batterie durch Kohle schließen, so löthet man kleine Röhrchen von Messing an die Bleydrähte, worein man die zugespitzten Kohlenstückchen steckt. Mit einem solchen aus 250 Paaren (Hülsen) bestehenden Deflagrator reducirte Hare auf Platinbleche liegenden Baryt; das Barium verbrannte aber gleich wieder mit der größten Heftigkeit, und bey längerer Einwirkung wurde das Platinblech zerstöret, wie ein Kartenblatt auf glühendem Eisen. Platindraht von 1/16 Zoll im Durchmesser schmolz wie Wachs; ein Stahldraht von demselben Durchmesser verbrannte mit einer Art von Verpuffung. Wenn die Entladung durch einen Quecksilberregen geleitet wurde, entstand ein besonderes schönes Verbrennungsphänomen. Zwischen zwey den elektrischen Kreis schließenden Kohlenstückchen bildete sich schon auf 1 Zoll Entfernung ein so äußerst leuchtender Feuerbogen, daß Hare von dessen Anschauen entzündete Augen bekam. Durch die Verbindung mit einem gewöhnlichen, aus 300 Plattenpaaren von 4 Zoll Seite bestehenden Trog-Apparate wurde die Wirksamkeit des Deflagrators nicht allein nicht verstärkt, sondern beynahe ganz aufgehoben. Früher bediente sich Hare eines etwas weniger wirksamen Apparates, der aus spi-

ralförmig zusammengerollten Kupfer- und Zinkblechen bestand, in welchen die unmittelbare Berührung der zwey Metallflächen ebenfalls durch dazwischen gesteckte, höchstens 1/4 Zoll dicke Holzstäbe verhindert wurde, und den er seinen Calorimotor hieß. Ich habe durch die einzige, oben (§. 176) beschriebene Kette ein Zoll langes Stück Platindraht von beyläufig 1/30 Zoll im Durchmesser weißglühend gemacht. Zwey zum Schließen gebrauchte, sehr feine Platindrähte kann man auf diese Weise an den berührenden Endspitzen zusammenlöthen oder schweißen; man spüret zwar bey jedem Schließen der Säule durch Drähte gleichsam ein Aneinanderkleben derselben, welches aber der elektrischen (vielleicht auch magnetischen) Anziehung zuzuschreiben ist.

Ueber die Modificationen, welche die Erhitzung der Metalle sowohl als der Kohle und mehrerer Flüssigkeiten durch den elektr. Strom darbiethet und über den Einfluß, den sie auf das leitende Vermögen der Metalle ausübet, hat Davy in den neuesten Zeiten merkwürdige Versuche angestellt, und gefunden, daß das leitende Vermögen der Metalle mit ihrer Temperatur und Länge im umgekehrten, mit ihrer Masse dagegen im geraden Verhältnisse stehet. In diesen Versuchen wurde eine galvanische Batterie durch einen Platindraht entladen, indem zugleich von den Polen der Batterie Silberdrähte in Wasser bis auf die zur Zerlegung des letzteren geeigneteste Entfernung genähert wurden: nur wenn an dem negativen Silberpoldrahte im Wasser sich keine Gasbläschen entwickelten, wenn also kein Wasser zerlegt wurde, konnte man überzeugt seyn, daß die Batterie durch den obgenannten platinernen Schließungsdraht ganz entladen wurde. Wenn nun bey dieser Vorrichtung ein kalter Platindraht von bestimmter Länge und Dicke eine Batterie von einer bestimmten Plattenzahl ganz entladet, ohne dadurch bedeutend erhitzt zu werden, so vermag er dieselbe Batterie nicht mehr ganz zu entladen, wenn man einen Theil desselben mittelst einer Weingeistflamme rothglühend macht; denn man bemerkt in dem letzten Falle eine bedeutende Gasentwicklung an dem negativen Silberdrahte, die sogleich wieder aufhört, wenn nach Entfernung der Weingeistflamme der schließende Platindraht erkaltet ist. Wird durch den nähmlichen Platindraht eine so starke Batterie entladen, daß er durchaus rothglühend erscheint, und wird dann ein Theil desselben durch eine Flamme zum Weißglühen gebracht, so hören die übrigen Theile des Drahtes augenblicklich zu glühen auf; erkaltet man im Gegentheile einen Theil des rothglühenden Schließungsdrahtes mittelst eines Stückchen Eises, so gerathen die übrigen Theile desselben ins Weißglühen. Nicht nur durch Wärme, die dem Schließungsdrahte von Außen durch eine genäherte Flamme u. dgl. mitgetheilt, sondern auch durch die Erwärmung, welche in demselben durch den elektr. Strom selbst hervorgebracht wird, erleidet er die nähmliche Verminderung seiner Leitungs-

fähigkeit: ein 6 Zoll langer und 0,125 dicker Platindraht, der in der atm. Luft nur 4 Plattenpaare einer bestimmten elektr. Batterie entladet, und dabey sich bedeutend erwärmt, vermag 10 Plattenpaare derselben Batterie zu entladen, wenn man ihn unter Wasser, Alkohol, Aether, Oehl u. dgl. m. kühl erhält. Daher kömmt es, daß der nähmliche Platindraht, durch welchen man eine gewisse Batterie entladet, der aber ein Mahl durch Wasser, das andere Mahl durch atm. L. und das dritte Mahl durch den luftl. Raum gezogen ist, sich im ersten Falle kaum erwärmet, im zweyten Falle rothglühend wird, im dritten Falle aber bey der heftigsten Weißglühhitze schmilzt. Nur bey elektr. Strömen von sehr hoher Spannung hilft das Abkühlen des Schließungsdrahtes wenig, indem durch eine stark geladene Batterie von Leidner-Flaschen ein Platindraht selbst unter Wasser geschmolzen wird. — Wenn ein 6 Zoll langer Platindraht eine Batterie von 10 Plattenpaaren entladet, so vermögen 3 Z. des nähmlichen Platindrahtes 20 Plattenpaare, und 1 Z. vermag 60 Plattenpaare derselben Batterie zu entladen. — Wenn ein gewisser Platindraht die Elektricität von 10 Plattenpaaren entladet, so wird durch einen 6 Mahl schwereren Platindraht von der nähmlichen Länge die Elektricität von 60 gleichen Plattenpaaren entladen. Hierbey bemerkte Davy, daß die Oberfläche des Schließungsdrahtes nur in so fern einen Einfluß auf dessen Leitungsvermögen nimmt, als mit Vergrößerung derselben die Abkühlung begünstiget, folglich die Erwärmung durch den elektr. Strom selbst verhindert wird. Uebrigens fand Davy durch diese Versuche auch wieder den obigen Satz (§. 145) bestätiget, daß für wenig gespannte E., außer den Metallen, fast alle übrigen Körper Isolatoren sind, wogegen sich stark gespannte E. fast durch keinen Körper vollständig isoliren läßt, und daß daher auch die verschiedenen Metalle für stark gespannte E. einen geringen, für schwache Elektricitätsgrade dagegen einen sehr großen Unterschied in ihrem Leitungsvermögen zeigen. — Wird eine mächtige Volta'sche Batterie durch einen Bogen geschlossen, der aus abwechselnd zusammengelötheten feinen Platindraht-, und 4 bis 5 Mahl dickeren Silberdrahtstückchen besteht, so erscheinen die Platindrahtstückchen insgesammt glühend, während die Silberdrahtstücke kaum warm werden (Davy in Gilb. A. 71, 246).

182. Vorzüglich merkwürdig sind die chemischen Wirkungen der Berührungs-Elektricität, worin sie die Reibungs-Elektricität weit hinter sich läßt, und die sowohl zerlegend als zusammensetzend sind. Die E. bringt chem. Veränderungen in den Körpern nur in so fern hervor, als sie dieselben durchströmt; daher sie auf vollkommene Nichtleiter, denen sich z. B. trockne Gasarten, Glas und dgl. nähern, gar nicht wirkt. Die chem. Wirkungen müssen sich also

nach der Menge der E. und nach der Geschwindigkeit, mit welcher sie den chemisch zu verändernden Körper durchströmt, oder kürzer, nach der Mächtigkeit des elektr. Stromes (d. h. nach dem Producte aus der Menge in die Geschwindigkeit der E., also gleichsam nach dem mechanischen Momente derselben) richten. Diese zwey Eigenschaften (Menge und Geschwindigkeit des elektr. Stromes) sind aber abhängig von der Menge und Spannung der durch den Volta'schen Apparat in derselben Zeit erzeugten, dann von dem Leitungsvermögen der zu durchströmenden Substanz. Die Menge der erzeugten E., oder vielmehr die Schnelligkeit, mit welcher sich der höchste Grad der elektr. Spannung erneuert, dessen der Apparat fähig ist, hängt von der Größe der Platten und von dem Leitungsvermögen des feuchten Leiters ab (§. 175). Erzeugt sich an den Polen des Volta'schen Apparates mehr E., als der zu durchströmende Körper in derselben Zeit ableiten kann, oder ist das ladende Vermögen des Apparates stärker als das entladende des chemisch zu verändernden Körpers, so trägt jener Ueberschuß zur chem. Veränderung des letzteren nichts bey. Da eine E. von größerer Spannung eine schlecht leitende Substanz eher durchdringt, als eine weniger gespannte E. (§. 145*), die Spannung aber von der Zahl der Plattenpaare abhängt; so muß die chem. Kraft Volta'scher Apparate mit der Zahl der einzelnen Ketten wachsen: nach Gay-Lussac wächst die Wasser zerlegende Kraft Volta'scher Apparate, wie die Kubikwurzeln der Plattenzahlen, d. h. um die Wasser zerlegende Wirkung zu verdoppeln, muß man die Plattenmenge verachtfachen. Ein je besserer Leiter der zu zerlegende Körper ist, je vollkommener er daher selbst sehr schwache Electricitäts-Grade leitet, desto weniger Einfluß muß der Grad der elektr. Spannung, folglich auch die Plattenzahl auf seine chem. Constitution haben. Man lasse von einem sehr großplattigen Apparate, in welchem Salpetersäure der feuchte Leiter ist, der also einen feinen, seine Pole verbindenden Draht augenblicklich glühend macht, Wasser zerlegen, und man wird beynahe keine größeren Wirkungen wahrnehmen, als von einem kleinplattigen Apparate mit Salzlauge als feuchtem Leiter; wenn man aber von jedem Pole des großplattigen Apparates 10 oder 12 Drähte ausgehen und diese auf das Wasser wirken läßt, so wird auch 10 oder 12 Mahl so viel Wasser zerlegt werden.

Noch mehr wird dieses durch folgenden Versuch aufgekläret. Man

schließe den Kreis jenes großplattigen Apparates mit Wasser, in welchem die Spitzen der Poldrähte bis auf 1/4 Zoll sich genähert sind: das Wasser wird langsam zerlegt werden; man berühre nun die Pole des so geschlossenen Apparates mit nassen Fingern: man wird dieselbe Erschütterung wahrnehmen, die man früher vor der Schließung mit Wasser wahrgenommen hatte, das Wasser wird fortwährend zerlegt werden und das Elektrometer wird an den Polen beynahe noch dieselbe Spannung anzeigen; nun verbinde man die Pole, während der Apparat sowohl durch Wasser als durch den menschlichen Körper geschlossen ist, mittelst eines Platindrahtes: der Platindraht wird glühen und die elektr. Spannung an den Polen verschwinden, weil das Metall die freyen Elektricitäten so schnell ableitet, als sie sich erzeugen. Bey einem kleinplattigen Apparate werden nach seiner Schließung mittelst Wasser die zwey letzten Erscheinungen nicht mehr eintreten. Wasser, welches durch aufgelöstes Salz, durch Ansäuern u. dgl. mehr leitend geworden ist, wird durch großplattige Apparate auch viel schneller zerlegt. Durch einen Apparat von 100 vierzölligen Platten kann ein Platindraht nicht glühend gemacht, aber Wasser sehr gut zersetzt werden: durch ein einziges Plattenpaar von 700 Q. Zoll Oberfläche wird Wasser sehr langsam zerlegt, aber ein Platindraht weißglühend. Wegen der äußerst langsamen Ladung trockner Säulen hat man durch dieselben noch kein Glühen hervorgebracht, und nur durch sehr großplattige Apparate dieser Art hat Bohnenberger Wasser zerlegt; da sie doch auf das Elektrometer ihrer Plattenzahl gemäß wirken, ein Pendel bewegen und auch Funken geben. — Wegen des Abganges der gehörigen Menge E. und der unterbrochenen Erneuerung der Ladung steht die Reibungs-Elektricität, ungeachtet der ohne Vergleich höheren Spannung, der Berührungs-Elektricität an chem. Wirksamkeit so weit nach. Dagegen können sehr schlechte Elektricitäts-Leiter, z. B. Gasarten, nur durch Reibungs-Elektricität chemisch verändert werden, weil nur diese den zur Durchströmung derselben erforderlichen Grad von Spannung besitzet.

183. Unter die vorzüglichsten chem. Wirkungen der E., wovon viele andere abhängen, gehöret die Zerlegung des Wassers. Man bemerkt diese Zerlegung schon durch einfache, galvan. Ketten: wenn man z. B. auf eine im Wasser liegende Silbermünze ein Zinkstäbchen stellt, so wird sich das Zink schnell oxydiren, und von der Silbermünze wird ein Strom kleiner Wasserstoffgasbläschen aufsteigen, ohne daß übrigens das Silber im geringsten angegriffen wird. So zersetzet auch ein mit Platindrahte umwundener Zinkstab das Wasser viel schneller, als er es für sich thut. Die Volta'sche Bat-

terie bewirkt die Zerlegung des Wassers noch schneller, und in schicklichen Apparaten kann man die beyden Bestandtheile des Wassers abgesondert in Gasgestalt darstellen. Man bedienet sich dazu meistens einer Vförmig gekrümmten Röhre, in deren Spitze man die Poldrähte von Platin einander gegen über stellt; das vom — Pole aufsteigende Wasserstoffgas sammelt sich dann in dem einen, das vom + Pole aufsteigende Sauerstoffgas in dem andern Schenkel der Röhre.

Jacquin hat einen Apparat zur Wasserzerlegung ausgedacht, der die Bequemlichkeit gewähret, daß man die erzeugten Gasarten einzeln näher untersuchen kann. Er ist Fig. 45 abgebildet. AcB ist eine Glasröhre, welche mittelst eines Fußes in einem Gestelle befestigt und bey c durchbohrt ist. In die Oeffnung bey c ist die nach Art eines Welter'schen Trichters gekrümmte Röhre cd, und auf die beyden Enden der Hauptröhre sind die Fläschchen Aa und Bb geschliffen. Bey x und y ist in feinen Oeffnungen ein Stück Platindraht eingekittet, der sich an der einen Seite bis nach f, an der andern bis nach g verlängert. Soll der Apparat in Thätigkeit gesetzt werden, so wird er ganz mit destillirtem Wasser gefüllt, und der Draht x mit dem positiven, der Draht y mit dem negativen Pole einer Volta'schen Säule in Verbindung gebracht: es erzeugt sich dann an der Spitze des Drahtes bey f Sauerstoffgas, bey g Wasserstoffgas, welche in die correspondirenden Fläschchen in die Höhe steigen und das verdrängte Wasser bey d heraustreiben. Will man die Gasarten untersuchen, so bringt man den ganzen Apparat unter Wasser, nimmt die Fläschchen, worin sich das Gas befindet, herab, und prüfet es nach Belieben. Wird das der Zerlegung unterworfene Wasser von aller anhängenden Luft durch Kochen befreyet, so sollte sich die Menge des erhaltenen Wasserstoffgas zu jener des Sauerstoffgas dem Volumen nach nahe wie 2:1 verhalten, jene des ersteren ist aber immer bedeutend größer. Das Gemenge dieser Gasarten liefert Knallluft, diese nach der Entzündung wieder Wasser.

184. Werden statt der Drähte von Platin solche von Kupfer, Eisen oder von andern leicht oxydirbaren Metallen gebraucht, so wird der vom positiven Pole kommende Draht oxydirt: an diesem entwickelt sich also kein Sauerstoffgas, sondern bloß am negativen Pole Wasserstoffgas. Steht der negative Pol durch Tellur, Arsen oder durch eine andere leitende Substanz, die eine Wasserstoffverbindung bilden kann, mit dem zu zerlegenden Wasser in Berührung: so wird diese Substanz hydrogenirt. Ritter und Brugnatelli behaupten, auch Silber, Gold, Kupfer, Zinn auf die nähmliche Weise so mit Wasserstoff verbunden zu haben, daß diese Verbindungen sogar

die Gasgestalt annahmen. Ist der Metalldraht des negativen Pols an seinem Ende oxydirt, so wird er reducirt und Wasser gebildet. — Weil sich bey der Wasserzerlegung durch galv. E. das Wasserstoff- oder Hydrogengas immer am negativen, das Sauerstoff- oder Oxygengas am positiven Pole zeigt, so heißt jener auch der Hydrogenpol, dieser der Oxygenpol. Positiver Pol, Zinkpol und Oxygenpol sind also bey der gewöhnlichen, oben angegebenen Construction der Volta'schen Säule eben sowohl gleich bedeutend, als negativer Pol, Silber- oder Kupferpol und Hydrogenpol.

Bey der Construction der Säule ZWK, ZWK, ZWK (wo W den feuchten Leiter bedeutet) ist das Zinkende der negative oder Hydrogenpol, das Silberende hingegen der positive oder Oxygenpol. — Die verhältnißmäßige Menge des durch den Volta'schen Apparat entwickelten Gas braucht man auch als Maßstab für den Grad seiner chemischen Wirksamkeit überhaupt, wobey jedoch die im §. 182 angeführten Umstände wohl zu berücksichtigen sind. Bey diesen und ähnlichen Versuchen kommt auch viel darauf an, daß die von den Polen der Säule ausgehenden Drähte mit denselben in der möglich vollkommensten Berührung stehen: um dieses zu bewerkstelligen, läßt man von jedem Pole einen dicken, allenfalls an die letzte Platte gelötheten Draht in ein isolirtes Schälchen mit Quecksilber tauchen; in dieselben Schälchen steckt man dann auch die dünneren Drähte zum Weiterleiten. — Die Zerlegung des Wassers mittelst der galv. E. erklären die Unitarier auf folgende Art: Die am positiven Pole angehäufte oder ausströmende E. hat eine nähere Verwandtschaft zum Wasserstoffe, als dieser zum Sauerstoffe; folglich verbindet sich das Hydrogen mit der E., das Oxygen wird frey und also am positiven Pole in Gasgestalt ausgeschieden; die mit Wasserstoff verbundene E. kommt nun zum negativen Pole, verbindet sich hier wieder mit dem Leiter und läßt das Hydrogen fahren, welches also am negativen Pole in freyer Gasgestalt emporsteigt. Nach dem dualistischen Systeme verbindet sich die + E. mit Wasserstoff, die — E. mit Sauerstoff: jene läßt ihren Wasserstoff am — Pole fahren, indem sie sich dort mit — E. neutralisirt; diese gibt ihren Sauerstoff bey ihrer Neutralisation mit + E. am + Pole ab. Sollte nach dieser Erklärungsart das Freywerden von beyden Stoffen nicht viel mehr in der Mitte zwischen beyden Polen, wo sich die zwey entgegengesetzten Ströme von + E. und — E. begegnen, Statt haben? Einige stellen sich vor, der vom Kupferpole angezogene Wasserstoff werde über den vom Zinkpole angezogenen Sauerstoff in entgegengesetzter Richtung weggeschoben, so daß nur unmittelbar an jenem Wasserstoff und nur unmittelbar an diesem Sauerstoff frey werden könne, in der Mitte aber unzerlegtes Wasser

bleiben müsse (Berzelius Chemie übersetzt von Wöhler 1. — *Biot traité de physique* 2, 508).

185. Die Zerlegung des Wassers ist eigentlich ein Desoxydations-Prozeß, aber bey weitem nicht der einzige, welchen die Volta'sche E. einzuleiten im Stande ist; sondern diese übertrifft alle bisher bekannten desoxydirenden Mittel an Wirksamkeit. Werden Metalloxyde in die galv. Kette gebracht, so sammelt sich das Oxygen derselben am positiven Pole, das regulinische Metall am negativen. Auf diese Weise hat Davy (1806) Oxyde zerlegt, aus denen man vorher auf keinem Wege die Grundlage darzustellen vermochte; nähmlich die Alkalien. Werden Stückchen von Kali oder von Natron in mäßig feuchtem Zustande zwischen die zwey Poldrähte einer starken Volta'schen Batterie gebracht: so erhält man am positiven Pole Sauerstoffgas, oder es sondert sich daselbst Hyperoxyd des Kali als eine dunkelgraue Masse ab; am negativen Pole aber glänzende Metallkügelchen, Alkali-Metall, die man, um sie vor neuer Oxydation zu schützen, schnell und mit Vermeidung aller Feuchtigkeit, sogar der feuchten Luft, unter gereinigtes Steinöhl bringen muß. Befindet sich am negativen Pole ein Quecksilberkügelchen, so bildet es mit dem neu erzeugten Metalle ein Amalgam. Nur auf die letzte Weise ist es bisher gelungen, außer dem Kali und Natron, die übrigen Alkalien und Erden zu zerlegen. Säuren, auf die nähmliche Weise behandelt, geben ebenfalls ihren Sauerstoff an den Zinkpol, ihre Grundlage an den Silberpol ab: galvanisirt man Schwefelsäure, so erhält man am + Pole Sauerstoffgas, am — Pole Schwefel; von der galvanisirten Salpetersäure am — Pole Stickstoff, am + Pole Sauerstoff u. s. w.

186. Werden in die galv. Kette Körper gebracht, welche mehrere oxydirte Substanzen als Bestandtheile enthalten: so begibt sich bey der ersten Zerlegung derjenige Bestandtheil, welcher das größte Verhältniß von Sauerstoff besitzet, zum positiven, der weniger sauerstoffhältige zum negativen Pole. Alle Salze geben ihre Grundlage, sie sey ein Alkali, eine Erde oder ein Metalloxyd an den negativen, die Säure hingegen an den positiven Pol ab. Enthält das Wasser ein Metallsalz aufgelöset, in dessen Basis das Metall zum Sauerstoffe eine geringere Verwandtschaft als der Wasserstoff hat, wie dieß bey dem Gold-, Silber-, Quecksilber-, Platinsalze der Fall ist; so erscheint am negativen Pole das Metall sogleich im regulinischen

Zustande, und zwar meistens als metallische Vegetation; am positiven Pole hingegen nebst der Säure auch Sauerstoff. Die Fällung eines Metalls im reguliniſchen Zustande aus seiner sauren Auflösung durch ein anderes, schreibt man dieser galv. Wirksamkeit zu. Die zerlegende Kraft der Volta'schen Säule gränzt fast ans Wunderbare: sie bewirkt die eben beschriebenen Zerlegungen nicht nur in den schwerlöslichsten Salzen, z. B. in Gyps, Schwerspath, Flußspath u. dgl.; sondern sie ist auch im Stande, die Grundlagen durch die stärksten Säuren, und die Säuren durch die mächtigsten Grundlagen ohne Vermischung zu den entsprechenden Polen zu führen.

Das Letzte läßt sich durch folgenden Versuch beweisen: Man fülle in die erste von drey neben einander stehenden Achatschalen schwefelsaures Kali, in die zweyte verdünnte Salpetersäure, in die dritte Wasser; die beyden Endschalen verbinde man mit der mittleren, in welcher die Salpetersäure etwas niedriger, als die Flüssigkeit in den beyden andern Schalen steht, mittelst angefeuchteten Asbestes; in die Schale mit dem schwefelsauren Kali senke man den vom + Pole kommenden, in die Wasserschale den vom — Pole kommenden Platindraht eines Volta'schen Apparates: nach einiger Zeit wird sich das Wasser am — Pole alkalisch zeigen, ungeachtet die mittlere Schale noch immer freye Säure zu erkennen gibt. Das Kali des Duplicatsalzes ist also durch die Salpeters. hindurch zum — Pole geführt worden. Gibt man in die mit dem negativen Pole verbundene Achatschale Kochsalzlösung, in die mittlere eine Lösung von salpetersaurem Silber, und in die mit dem positiven Pole verbundene Schale Lakmusaufguß: so wird die Salzsäure, ohne die geringste Trübung zu verursachen, durch die Silberauflösung geführt, und färbt nach kurzer Zeit die blaue Flüssigkeit am + Pole roth. Ist in der mittleren und + Schale Lakmusaufguß, so wird die Säure durch die mittlere Schale geführt, ohne den Lakmusaufguß im geringsten zu röthen, sammelt sich am + Pole, und färbt hier den Lakmusaufguß roth. Warum sollte auch die Kraft, welche das Kali von der Schwefelsäure trennte, nicht im Stande seyn, es vor der Verbindung mit der (schwächern) Salpetersäure zu schützen?

187. Der galv. elektr. Strom desoxydirt nicht bloß und beschränkt sich nicht allein auf die Zerlegung der Salze, sondern auch andere Zusammensetzungen werden durch denselben aufgehoben, und zwar immer so, daß der Sauerstoff oder die am meisten sauerstoffhältigen näheren Bestandtheile, oder die dem Sauerstoffe, wenn dieser nicht selbst da ist, am ähnlichsten Stoffe, z. B. Chlor, Jod, Schwefel, dem positiven, die brennbaren Stoffe hingegen dem negativen Pole

zugeführt werden. Sind mehrere brennbare Stoffe mit einander verbunden, so wird immer der brennbarere oder positivere (§. 135) am negativen, und der andere am positiven Pole abgelagert. Durch Zerlegung der gemeinen Salzsäure erhält man am + Pole Chlor-, am — Pole Wasserstoffgas; aus der Euchlorine am — Pole Chlor, am + Pole Sauerstoff; aus der Jodwasserstoffsäure Jod am + Pole, Wasserstoff am — Pole; aus dem geschwefelten Wasserstoffgas am + Pole Schwefel, am — Pole Wasserstoff; aus dem Ammoniak am + Pole Azot, am — Pole Wasserstoff. Hierin findet das von Berzelius angewendete Mittel zur Erforschung des positiven oder negativen Verhaltens eines Stoffes zu dem andern (§. 135*) und die Wahl der Ausdrücke „positiv" und „negativ" zur Bezeichnung der chemischen Natur der Körper, die Erklärung. Der Wasserstoff scheint unter den gewöhnlichen Umständen der brennbarste oder vom Oxygen am meisten verschiedene Körper zu seyn; denn er gesellet sich jederzeit zum — Pole, der von ihm auch den Nahmen führt. Berzelius hält das Kalium für den positivesten Körper. Er fand auch, daß zusammengesetzte Körper der ersten Ordnung mit Sauerstoffe als gemeinschaftlichem Bestandtheile den elektr. Charakter ihrer Grundlage behalten, und diesem gemäß neue Verbindungen eingehen: Schwefel verhält sich gegen Metalle negativ, eben so auch Schwefelsäure gegen Metalloxyde u. s. w. Auch das Glas wird durch E. zerlegt, indem die Kieselerde dem positiven, das Alkali dem negativen Pole folgt: füllt man eine V förmig gebogene Glasröhre mit einem Aufguße von blauem Kohl, und setzet jeden Schenkel mit Einem Pole des Volta'schen Apparates in Verbindung, so wird in kurzer Zeit die Flüssigkeit am + Pole roth, und am negativen (durch das Alkali des Glases) grün gefärbt. So werden aus organischen Substanzen Alkalien zu dem negativen, und Säuren zu dem positiven Pole übergeführt. Auch beym Galvanisiren des scheinbar reinsten Wassers zeigen sich am + Pole Spuren von Säure, am — Pole Spuren von Alkali; weil das Wasser nebst den absorbirten Gasarten doch auch meistens noch andere Verunreinigungen organischen Ursprungs, und vielleicht Spuren von Salzen, die sich durch Destillation nicht wegschaffen lassen, enthält. Da also die festesten Aggregate und die innigsten Zusammensetzungen der Einwirkung des galvanischen Stromes nicht widerstehen können, so ist er ohne Zweifel das kräftigste Mittel, Körper in einfachere Formen der Materie aufzulösen, oder durch Zerlegung neue Körper zu bilden.

F. F. Runge über das Verhalten des Quecksilbers in Berührung mit Salpetersäure und Eisen. (Gilb. A. 91, 95)

188. Doch sind die Wirkungen der galv. E. nicht bloß zerlegend und zerstörend, sondern auch durch Beförderung neuer Zusammensezzungen schaffend und bildend. So erzeugt sich Silberoxyd am + Pole, wenn man Wasser durch die mit Silberdrähten geschlossene Säule galvanisirt. Behandelt man schwefelsaure Salze mit einer durch Silber-, Bley-, Kupferdrähte, oder durch andere unedle Metalle geschlossenen Kette: so verbindet sich die Schwefelsäure mit dem am + Pole erzeugten Silber-, Bley-, Kupferoxyde u. s. w. zu schwefelsaurem Silber, Bley, Kupfer u. s. f. Durch Galvanisiren von salpetersauren Salzen oder von schwacher Salpetersäure entsteht, durch Verbindung des aus dem Wasser geschiedenen Wasserstoffes mit dem aus der Salpetersäure erhaltenen Stickstoffe, die sich beyde am — Pole treffen, Ammoniak und aus diesem dann weiter salpetersaures Ammoniak. Bey ähnlicher Behandlung von Salzsäure oder von salzsauren Salzen mittelst Golddrähte entsteht am + Pole salzsaures Gold. Wasser wird wieder neu gebildet, wenn man durch ein Gemenge von Wasserstoff- und Sauerstoffgas galvan. Funken schlagen läßt, oder wenn der Wasserstoff am — Pole Sauerstoff, z. B. einen oxydirten Draht, findet.

Auch auf organische Körper wirkt die E. durch Oxydation, Desoxydation und vielleicht auch durch Hydrogenation: Fleisch wird am + Pole hochroth gefärbt, am — Pole hingegen durch Desoxydation entfärbt, und bey fortgesetzter Einwirkung dort sogar in Fett, hier in Gallerte verwandelt; dabey entwickelt sich allzeit Salzsäure und Ammoniak, so wie bey ähnlicher Behandlung der Lakmus-Tinctur, des Gummiwassers, und einiger anderer vegetabilischer Substanzen. Dieses hat früher Veranlassung zu der Behauptung gegeben, daß durch Galvanismus aus dem Wasser am + Pole Salzsäure und am — Pole Ammoniak erzeugt werde. — Für die Einwirkung der galv. E. auf den thierischen Körper sprechen schon die oben angeführten Erscheinungen in den Sinnesorganen. Einige der berühmtesten Physiologen haben ihr aber noch einen viel größeren Wirkungskreis zugedacht: sie erklären die Phänomene des Lebens in gesunden und kranken Organismen durch galvanische Prozesse, und gründen darauf die Anwendung des Galvanismus gegen mancherley Krankheiten (Ritter's Beweis, daß ein beständiger Galvanismus den Lebens-Prozeß im Thierreiche begleite. Dessen Wirkungen größerer Volta'scher Säulen auf die Sinnesorgane. In Ritter's Beyträgen zur näheren Kenntniß des Galvanis-

mus und in Gilb. Annal. 8, 441. — G. Prochaska: Disq. anatomico-physiologica organismi corporis humani ejusque processus vitalis. Viennae 1812).

189. Weil eine geschlossene galv. Kette oder Volta'sche Säule einen Kreis vorstellet, in welchem die elektr. Ströme sich bewegen, so müssen Substanzen in allen Theilen des Apparates dieselben Veränderungen erleiden, wie jene Körper, welche die beyden Pole verbinden. Folglich wird auch der feuchte Leiter zerlegt werden: der Sauerstoff des Wassers wird zum positiven Zinke geführt werden und dasselbe oxydiren, der Wasserstoff wird sich an den negativen Kupferplatten entwickeln; das Kochsalz, die Säuren u. dgl., womit man die Leitungskraft des Wassers verstärkt hat, werden genau auf die oben beschriebene Weise zerlegt werden. Daher kommt die allmähliche Abnahme der Wirksamkeit einer Volta'schen Säule, indem die das Zink bedeckende Oxyd- oder Salzhaut die Leitung oder Vertheilung der E. erschwert oder unterbricht; daher muß die Säule gegen das Ende nach jeder Entladung etwas ruhen, ehe sich die Pole wieder bis zur vollen Spannung laden, indem die nasse Säule dann einer trocknen immer ähnlicher wird. Diese Veränderung in der Säule erfolgt aber nur, so lange sie geschlossen bleibt; ist eine Säule nicht geschlossen und ist sie vollkommen isolirt, so sollten weder die starren Erreger noch der flüßige Leiter die geringste Veränderung erleiden, und die Thätigkeit der Säule sollte sich bloß durch die an den Polen Statt habende Spannung, welche durch die Hemmung des elektr. Stromes entstehet, äußern; allein weil eine vollkommene Isolirung beynahe nicht möglich ist, indem selbst trockene Luft etwas leitet, so erfolgen jene Veränderungen selbst in ungeschlossenen Säulen, obschon ohne Vergleich langsamer. Trockene Säulen sollen von dieser selbstschwächenden Einwirkung ihrer Bestandtheile frey seyn.

Die E. strömt zwischen den einzelnen Ketten einer Volta'schen Batterie in entgegengesetzter Richtung, wie in dem die ganze Batterie schließenden Bogen; die + E. nähmlich vom Kupferpole gegen den Zinkpol. Früher hat man die in der Säule vorgehende Oxydation für die Ursache der Elektricitäts-Erregung gehalten: die oben angeführten Fundamental-Versuche von Volta beweisen aber, daß die Berührung die Ursache derselben, und die Oxydation die Folge der rege gewordenen Elektricität ist. Nach Biot's Versuchen absorbirt die geschlossene Volta'sche Säule (so wie das Amalgam, womit die Kissen einer gewöhnlichen Elektrisir-Maschine bestrichen sind) den Sauerstoff der Atm., ohne

daß jedoch die Umgebung von sauerstoffhältiger Luft zur Wirksamkeit derselben unumgänglich nothwendig zu seyn scheint. — Aus den angeführten Wirkungen des Galvanismus kann man sich mehrere, im gemeinen Leben häufig vorkommende Erscheinungen erklären: z. B. warum Flüssigkeiten, Bier, Wein u. dgl., aus metallenen Gefäßen getrunken, oft einen sehr widrigen Geschmack haben, der nicht bemerkt wird, wenn dieselbe Flüssigkeit aus einem gläsernen oder porzellanenen Gefäße getrunken wird; warum Quecksilber, nur mit einer kleinen Menge eines andern Metalles verunreinigt, an der Luft viel leichter matt, d. h. oxydirt wird, als im ganz reinen Zustande; warum Gegenstände von Metall dort am ehesten zu Grunde gehen, wo sie mit einem andern Metalle zusammengelöthet sind, vorzüglich wenn Feuchtigkeit mit ins Spiel kommt; warum Dächer von (schlecht) verzinntem Eisenbleche kürzere Zeit dauern als von nicht verzinntem (schwarzem) Bleche u. dgl. m. Darauf gründet sich Davy's Schutzmittel für den Kupferbeschlag der Seeschiffe: indem er nähmlich an die Kupferplatten kleine Stückchen Zinn, Zink oder anderer mehr positiver Metalle (Bewahrer, Protectoren) löthet, macht er den ganzen Kupferbeschlag zu einer einfachen galvan. Kette, in welcher das Kupfer als negativer Elektromotor seine V. zum Sauerstoffe in eben demselben Verhältnisse verliert, als das andere Metall die seinige steigert; daher das letztere die leidende Rolle übernehmen, sich von den negativen Bestandtheilen des Seewassers, z. B. vom Sauerstoffe, Chlor u. s. w. zerfressen lassen, und diese zerstörenden Elemente dadurch von dem Kupfer abwenden muß. Wenn der Protector durch ein zu großes Verhältniß seiner Ausdehnung zu jener des zu beschützenden Kupfers zu mächtig wirkt, so wird der negative Zustand des Kupfers so gesteigert, daß dieses die in Meerwasser gelösten erdigen Salze zu zerlegen, und sich derer positive Bestandtheile anzueignen anfängt: daher sich in diesem Falle der Kupferbeschlag der Seeschiffe mit einer weißen, aus kohlens. Kalk, kohlens. Bittererde und Bittererdehydrate bestehenden Masse bedeckt, an der sich wieder Zoophyten und Schalthiere in solcher Menge ansetzen, daß die Bewegung, vorzüglich aber die Regierung des Schiffes dadurch erschwert wird. Daher hat die englische Admiralität befohlen, daß die Protectoren von den Schiffen, wenn sie in die See auslaufen, weggenommen, aber beym Einlaufen in den Hafen wieder angelegt werden sollen. Später hat Davy die Erfahrung gemacht, daß jener weiße Ueberzug sich nicht ansetzet, und alle daraus entstehenden Unbequemlichkeiten vermieden werden, wenn die Oberfläche des Protectors nicht über $1/_{150}$ von der des zu beschützenden Kupfers beträgt, und wenn jener an alle Kupferplatten gleichförmig vertheilt wird. Nach den letzten Verbesserungen Davy's wird der Protector nicht an der Außen-, sondern an der Innenseite des Kupferbeschlages der Schiffe angebracht: man schlägt einen eisernen oder noch

besser zinkenen Nagel in das Holz des Schiffes, so daß das darüber genagelte Kupferblech mit dem Kopfe des Nagels in genauer Berührung stehe, und daß diese Einrichtung bey jedem einzelnen Kupferbleche Statt finde: durch das zwischen den Fugen eindringende Seewasser wird dann jedes mit dem Kopfe des Eisen- oder Zinknagels in Berührung stehende Kupferblech zum negativen Gliede einer galv. Kette, ohne daß der Nagel als Protector von dem Seewasser, wegen dessen gehinderter Erneuerung schnell zerfressen werde, oder der Rost des Eisens und Zinkes das Ansetzen von Seethieren begünstige (Pfaff im physik. Wörterbuche 5, 1006). — Das Sauerwerden der Milch, das schnelle Faulen des Fleisches, die Störungen in den meisten Gährungsprozessen bey Gewittern, sprechen ebenfalls für die große chem. Wirksamkeit der E. — Das vollständigste Repertorium über die galv. E. sind: die Zeitschriften von Voigt, Gren, Gilbert, Gehlen, Schweigger, Kastner. Gute Darstellungen dieser Lehre liefern: Gehler's physikalisches Wörterbuch. Neue Auflage. 3. und 5. Bd. — Priestley's Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Elektricitätslehre nebst eigenthümlichen Versuchen. Aus dem Englischen von Krünitz 1772. — Cavallo's Abhandlung der theor. und pract. Lehre von der E. Aus dem Englischen von Gehler 1797. — B. Franklin's Briefe von der E. Aus dem Engl. von Wilke 1758. — De Luc's neue Lehren über Meteorologie. Berlin 1787. — Ritter's elektr. System der Körper. Leipzig 1805. — J. Ingenhouß Anfangsgründe der E. Aus dem Engl. von Molitor. Wien 1781. — H. Davy's Elemente des chemischen Theils der Naturwissenschaft. Berlin 1814. — Heidemann's vollständige Theorie der galv. Elektricität. Wien 1806. — G. J. Singer's Elemente der E. und Elektrochemie. Aus dem Engl. mit Anmerkungen von H. Müller. Breslau 1819. — Pfaff's Revision und Kritik der bisher zur Erklärung der galv. Erscheinungen aufgestellten Theorien (Schweigg. J. 10, 179). — De la Rive von der Ursache der Erregung der galv. Elektricität (*Annal. de chim. et phys.* 37, 225, 39, 297). — T. Fechner's Nachtrag zu den galv. Fundamentalversuchen (Schweigg. J. 55, 223, 57, 1—16). — J. J. Prechtel's Versuche über die Beziehung der Adhärenz der Metalle zu ihrer elektr. Differenz (Gilb. A. 91, 223).

190. Die Betrachtung der großen Wirksamkeit der E. in Hervorbringung und Zerstörung chem. Verbindungen dringt uns den Gedanken auf, daß die chemischen und elektrischen Kräfte in einem nahen Zusammenhange stehen müssen. Beyde werden nur in der unmittelbaren Berührung wirksam. Jene Substanzen, welche in ihrer chem. Natur am meisten verschieden sind, äußern einerseits die größten Verwandtschaftskräfte gegen einander, und erlangen andererseits

bey der Berührung die größte Differenz in ihrem elektr. Zustande, oder versetzen sich durch Berührung in die größte elektr. Spannung. Silber und Kupfer erhalten mit Zinke beynahe unter allen als Elektricitätserreger gebrauchten Metallen durch Berührung die größte elektr. Spannung; Zink zeigt aber auch zum Silber und Kupfer eine große chem. Verwandtschaft. Schwefel, der zu vielen Metallen eine ausgezeichnete V. hat, erregt auch durch Berührung mit denselben einen deutlichen elektr. Gegensatz, welcher wahrscheinlich sich noch auffallender äußern würde, wenn der Schwefel nicht ein Isolator wäre. Dasselbe Verhältniß findet zwischen Säuren und Alkalien, dann zwischen beyden und den Metallen Statt. Da nun verschiedenartig elektr. Körper sich um so mehr anziehen, je größer die zwischen ihnen herrschende elektr. Spannung ist, und da auch mit dem Ausdrucke „chemische Verwandtschaft" nichts weiter als die gegenseitige Anziehung verschiedenartiger Stoffe bezeichnet wird: so stellet sich die chemische und elektr. Thätigkeit als eine Modification der allgemeinen Anziehung dar, welche bey der ersteren durch das gänzliche Durchdringen der verschiedenartigen Stoffe vollkommen befriediget wird, während es bey der andern, wegen des Entgegenwirkens anderer Kräfte, z. B. der Cohäsion, oder wegen des Abganges der flüssigen Form, bloß bey dem Streben nach jener innigen Vereinigung bleibt. Davy sagt: „Körper, welche, wenn sie vermöge ihrer kleinsten Theilchen wirken, chemische Erscheinungen hervorbringen, äußern, wenn sie als Massen wirken, elektr. Phänomene." — Ferner sind dieselben Umstände, welche die chem. Verwandtschafts-Aeußerungen befördern, auch der Erregung des elektr. Gegensatzes bey der Berührung günstig. Bringt man eine Schwefelplatte auf eine Kupferplatte, so ist bey der gewöhnlichen Temperatur die Spannung zwischen dem negativen Schwefel und positiven Kupfer nur sehr gering. Erhitzt man das Kupfer sammt dem darauf liegenden Schwefel, so wächst die elektr. Spannung, und in demselben Verhältnisse auch die chem. V. zwischen beyden. Steigt die Temperatur endlich bis auf den zur chem. Verbindung beyder Substanzen erforderlichen Grad, so erreicht die elektr. Spannung kurz vor der Verbindung ihr Maximum, der chem. Verbindungs-Act geht vor sich, und in dem neu entstandenen Schwefelkupfer ist jede Spur von elektr. Spannung eben so verschwunden, wie in einer Leidner-Flasche nach ihrer Entladung. In einer chem. Verbindung ist also der entgegengesetzte elektr. Zustand

ihrer Bestandtheile neutralisirt. Entgegengesetzte Elektricitäten neutralisiren einander aber nur durch wechselseitige, ihrem elektr. Gegensatze vollkommen genügende Anziehung. Durch diese fortdauernde Anziehung werden die Bestandtheile zusammengesetzter Körper aneinander gehalten. Biethet man einem oder dem andern Bestandtheile einer Zusammensetzung einen dritten Körper dar, der von ihm elektr. mehr verschieden ist, als derjenige, mit dem er sich bereits verbunden befindet, so wird der betreffende Bestandtheil von diesem dritten Körper auch stärker angezogen werden, als er in der bestehenden Verbindung fest gehalten wird: er wird folglich seinen alten Gespann verlassen, und sich mit diesem dritten Körper verbinden müssen: Zerlegung durch einfache Wahlverwandtschaft. Biethet man jedem der Bestandtheile einer chem. Zusammensetzung einen solchen seiner elektr. Natur mehr entgegengesetzten Körper dar; so erfolgt die Zerlegung um so leichter durch doppelte Wahlverwandtschaft. Auf die letzte Art geschehen die Zerlegungen in dem Kreise der Volta'schen Säule, wenn der zwischen den Polen derselben herrschende elektr. Gegensatz größer ist, als derjenige, durch den die Bestandtheile einer Zusammensetzung verbunden erhalten werden, d. h. als derjenige, den die Bestandtheile in dem Momente unmittelbar vor der Verbindung erreicht hatten. Der positive Bestandtheil wird vom negativen Pole, der negative Bestandtheil vom positiven Pole stärker angezogen, als die beyden Bestandtheile sich wechselseitig anziehen: jeder folgt also dieser nothwendig in verschiedener Richtung wirkenden Anziehung, sucht mit dem entgegengesetzten Pole eine chem. Verbindung einzugehen, und wird, wenn dieses wegen anderer hindernden Ursachen nicht möglich ist, an demselben in reinem Zustande ausgeschieden. Daraus erhellet die Möglichkeit, unter günstigen Umständen jede chem. Verbindung zu trennen, wenn man in einem Volta'schen Apparate eine hinlängliche Menge E. von einer größeren Spannung hervorbringen und unterhalten kann, als die verbundenen Stoffe unmittelbar vor dem Vereinigungs-Momente besessen hatten.

Den angeführten Thatsachen zu Folge halten viele Naturforscher die elektr. Erscheinungen für die Begründer der chemischen, und erklären z. B. die chemische Verbindung für die Folge der Anziehung der entgegengesetzten in den sich verbindenden Körpern durch Berührung rege gewordenen Elektricitäten, indem sie die Stoffe bloß für die ponderablen Vertreter oder Träger einer oder der andern E. ansehen: darin

besteht der sogenannte Elektrochemismus. Jene Thatsachen scheinen uns aber nur zu der Annahme zu berechtigen, daß Elektricität und Chemismus als gemeinschaftliche Resultate einer dritten bisher unbekannten, vielleicht bloß in einer ursprünglichen Disposition der allgemeinen Grundkräfte der Materie bestehenden Ursache, verbrüdert sind (Oersted's Ansicht der chem. Naturgesetze. Berlin 1812).

Da die Reibung nichts weiter als ein stets fortrückender Druck ist; da eine vollkommene Berührung selten ohne Druck Statt finden kann; und da durch Reibung sowohl als durch vollkommene Berührung E. erregt wird, so ließ sich mit Grunde voraussehen, daß auch der Druck als eine innige, gleichsam nach Durchdringung strebende Berührung, unter die E. erregenden Mittel gehören würde. Schon Coulomb bemerkte den Einfluß, den ein vorübergehendes Zusammendrücken oder Ausdehnen auf die Stärke sowohl als auf die Qualität der durch nachfolgendes Reiben erregten E. nehme; und Volta stellte zahlreiche Versuche über den Einfluß des Druckes auf die durch Berührung zu erregende E. an. Libes bemerkte, daß eine mit gefirnißtem Taffte gedrückte Metallscheibe negativ elektrisch wurde, daß sie mit ungefirnißtem Taffte gedrückt, keine Spur von E. zeigte, und daß sie mit gefirnißtem Taffte gerieben, den positiv elektr. Zustand annahm. Diese Versuche wurden durch Dessaignes noch mehr erweitert. Hauy entdeckte, daß der isländische Doppelspath schon durch mäßiges Drücken mit den Fingern sehr merklich elektrisch wurde, daß er, gleich einem Elektrophore, den erhaltenen elektr. Zustand mehrere Wochen lang behielt, und selbst durch Berühren mit den Fingern oder durch Eintauchen in Wasser nicht verlor. Dieselbe Eigenschaft in einem schwächeren Grade fand Hauy auch an einigen andern Mineralien, konnte aber in den meisten, z. B. im Gypse, Schwerspathe u. v. a., keine Spur davon wahrnehmen. Becquerel bewies später durch eine Reihe sehr mühsamer Versuche, daß alle Körper durch Drücken elektrisch werden, wenn man sie sowohl während des Drückens als gleich nach demselben isolirt. Er befestigte Scheibchen von den zu untersuchenden Substanzen mittelst Siegellack oder mittelst Seidenfäden an Glasstäbe, drückte die solcher Gestalt isolirten Scheibchen gegen einander, und fand dann das eine Scheibchen positiv, das andere negativ elektrisch. Der Grad dieses Erfolges ist nach Verschiedenheit der angewendeten Substanzen sehr ungleich, wird durch vorläufiges Erwärmen immer gesteigert, bey einigen, z. B. bey Stärke und Hohlundermark, erst nach vorausgegangenem Erwärmen bemerkbar, stehet gewöhnlich mit der Zusammendrückbarkeit, d. h. mit der Fähigkeit der untersuchten Substanzen, beym Aneinanderdrücken das Volumen zu vermindern, in geradem Verhältnisse: Kork, Pomeranzenschalen, Haare, muskulöse Theile lebender Menschen ge-

ben die deutlichsten Erfolge. Auch wird die Wirkung erhöhet, wenn die Flächen, mit welchen die gegen einander gedrückten Substanzen sich wechselseitig berühren, erst frisch gebildet sind: so werden zwey frisch auseinander geschnittene Theile eines Korkstöpsels beym Aneinanderdrücken deutlich elektrisch, verlieren diese Fähigkeit durch Wiederhohlung des Experiments und erlangen sie durch Erneuerung der Schnittflächen wieder. — Auch beym plötzlichen Trennen zusammenhängender Theile erzeugt sich E.: darauf beruhet das oben erwähnte Elektrischwerden von Gläsern, die beym Temperaturswechsel springen; hierher gehört vielleicht auch das Leuchten von Zucker, Kreide u. dgl. m., wenn sie (letztere selbst unter Wasser) gepulvert werden. — Die durch Druck erregte E. unterscheidet sich von der Reibungs-Elektricität durch die größere Festigkeit, mit der sie an den gedrückten ponderablen Substanzen haftet, und von der Berührungs-Elektricität durch die höhere Spannung (Biot in Gilb. A. 73, 117).

c) Von der durch chemische Veränderungen erregten, und von der atmosphärischen Elektricität.

191. Gewisse Veränderungen in dem Aggregatzustande und in der chem. Constitution der Substanzen sind stets mit Störung des Gleichgewichtes ihres elektr. Zustandes, also mit elektr. Erscheinungen (so wie mit Störung des Gleichgewichtes ihrer Temperatur, also mit Wärme- oder Kälteerscheinung) vergesellschaftet. Wird z. B. eine tropfbare Flüssigkeit in Dampf verwandelt, oder wird Dampf verdichtet, so werden die damit in Berührung stehenden Körper elektrisch. Wenn Wasser in einer nicht isolirten Leidner-Flasche schnell gefrieret; so wird sie nach Grotthuß's Beobachtungen geladen, und zwar die innere Belegung mit + E., die äußere mit — E. Beym schnellen Aufthauen des Wassers entsteht eine entgegengesetzte Ladung. Beym Verdampfen einer Flüssigkeit bekommt der Dampf — E., der zurückbleibende tropfbare Theil derselben + E. Bey der Condensirung einer elastisch-flüssigen Substanz erhält der noch übrig bleibende Dampf + E., der condensirte Theil desselben — E. Von der beym Gerinnen von Chocolate, Wachs, Schwefel u. dgl. erscheinenden freyen Elektricität ist oben bereits gesprochen worden. Die Flamme brennender Substanzen ist fast jederzeit negativ elektrisch. — Da in der Atmosphäre so viele Formveränderungen, vorzüglich des Wassers, vorgehen, und da sie an jeder auf der Oberfläche der Erde Statt habenden chem., folglich auch elektr. Veränderung Theil nimmt: so ist leicht zu begreifen, daß sich in dersel-

ben, als einem schlechten Leiter, die E. eben so selten im Gleichgewichte befinden kann, als die Wärme-Temperatur, und daß sie also aus der ersten Ursache der Schauplatz großer elektr. Phänomene seyn muß, so wie aus der zweyten Ursache ihr mechanisches Gleichgewicht gestöret wird und Winde entstehen.

Um den elektr. Zustand der Atmosphäre zu beobachten und zu messen, hat man eigene Elektroskope und Elektrometer erfunden. Unter die vorzüglichsten derselben gehören die von Cavallo und Saussure. Wenn man auf dem höchsten Theile eines Hauses eine Metallstange senkrecht befestigt, ihr unteres Ende ebenfalls durch isolirtes Metall bis in das Zimmer des Beobachters verlängert, wo es sich in eine Kugel endigt, welcher in der Entfernung von wenigen Zollen eine andere, durch Metallstangen mit der Erde in unmittelbare Berührung gesetzte Kugel gegenüber steht: so kann die aus der Atmosphäre zugeführte E. in dem genannten Zimmer nach Gefallen beobachtet, verwendet und untersuchet werden. Man kann zwischen den zwey Kugeln auch ein elektr. Glockenspiel anbringen, welches den Physiker zum Beobachten ruft, so bald bedeutende elektr. Veränderungen vorgehen. — Das gewöhnliche Spielwerk der Knaben, Drachen aus Papier, wurde schon von Franklin gebraucht, die E. in höheren isolirten Gegenden der Atmosphäre zu untersuchen. Die Schnur dieser Drachen muß durch eingeflochtene Metalldrähte oder Fäden zu einem besseren Leiter gemacht und ihr unterstes Ende durch ein angebundenes Stück Seidenschnur isolirt oder mit einem isolirten Conductor in Verbindung gebracht werden. De Romas (*mémoires presentés à l'acad. de sc.* 2, 393) und Prof. Charle's haben mit dem elektr. Drachen sehr merkwürdige, aber zugleich fürchterliche Versuche gemacht. Bey diesen Versuchen ist einige Vorsicht nothwendig, indem der berühmte Physiker Richmann in Petersburg am 6. August 1753 als ein Opfer seines Eifers für die Wissenschaft todt neben seinem Apparate niedergestreckt worden ist (Gehler's physikal. Wörterb. 1, 372 — 598).

192. Cavallo glaubt durch seine mit dem elektr. Drachen über Luft-Elektricität angestellten Versuche folgende allgemeine Gesetze gefunden zu haben: 1) Die Atmosphäre zeigt sich, bey Tage wie bey Nacht, meistens etwas positiv elektrisch; bey kaltem, ruhigem Wetter und in höheren Regionen stärker als bey warmem oder windigem Wetter, und an niederen Orten; ihre E. wächst vom Morgen bis Mittag und nimmt mit dem Tage wieder ab; Abends, wenn der Thau fällt, ist sie am schwächsten. 2) Durch herankommende Wolken wird die durch den Drachen angezeigte E. meistens vermindert,

manches Mahl gar nicht verändert, selten etwas vermehrt: am stärksten zeigt sie sich bey einem in die Höhe steigenden Nebel. — 3) Der Funke, den man aus der Schnur des Drachen zieht, ist, besonders bey trockener Witterung, selten länger als 1/4 Zoll, aber außerordentlich stechend, und mehr dem Schlage aus einer geladenen Flasche als dem Funken aus dem Conductor einer Elektrisir-Maschine ähnlich.

Dagegen zog De Romas aus der Schnur des elektr. Drachen den er 100 bis 150 Klafter hoch unter einer Gewitterwolke aufsteigen ließ, 3 Zoll lange und 3 Linien dicke Funken, und sah ein anderes Mahl aus derselben mit starkem Krachen Feuerstrahlen fahren, die Zoll dick und 10 Fuß lang waren. — Nach Volta ist der elektr. Zustand der Atm. so schnell auf einander folgenden Abwechslungen unterworfen, daß er derer in einer Minute 14 beobachtete.

193. Wenn sich eine Elektricitätsart in einer Luftschichte bey ganz heiterer Atmosphäre oder in einer Wolke über die Capacität derselben anhäuft, und innerhalb ihrer Schlagweite kein bestimmter Gegenstand ist, in den sie sich entladen kann: so strömet von Zeit zu Zeit, wie aus einem überladenen Conductor, elektrische Materie aus, und bringt die Phänomene des Wetterleuchtens hervor; worunter wir einen Blitzähnlichen, doch nicht so scharf begränzten, schnell verschwindenden Lichtschimmer ohne Donner verstehen. Das Wetterleuchten zeigt sich am häufigsten in der Abenddämmerung nach einem heißen Sommertage, wenn die Luft sich abzukühlen anfängt; auch nach Gewittern bleibt es öfters einige Zeit zurück. Hierher gehört auch das Elmsfeuer (Wetterlicht, St. Helena, Castor und Pollux), d. h. das Leuchten der Spitzen verschiedener leitender Körper, z. B. der Blitzableiter, Mastbäume, Thürme u. dgl. bey stark elektr. Atmosphäre; indem durch diese jene Elektricitätsart ausströmt, welche der in der Atm. angehäuften entgegengesetzt ist. Auch das Nordlicht halten die meisten heutigen Naturforscher für eine elektr. Erscheinung; so wie die Wasserhose durch elektr. Anziehung erklärt wird.

194. Kommt eine Gewitterwolke, d. h. eine elektr. Wolke der Erde in die Nähe, so wird diese unter jener durch Vertheilung in den entgegengesetzten elektr. Zustand versetzt; es entsteht also dasselbe elektr. Verhältniß, welches wir bey einer geladenen Leidner-Flasche wahrgenommen haben (§. 168): die zwischen der elektr. Wolke und der Erde befindliche Luftschichte vertritt die Stelle des Glases;

die Wolke stellet die innere, die Erde die äußere Belegung vor. Aus je besseren Leitern der senkrecht unter der Gewitterwolke befindliche Theil der Erdoberfläche bestehet, desto schneller kann in dieser der entsprechende elektr. Gegensatz sich ausbilden (so wie in einer auch von Außen mit Staniol belegten Verstärkungsflasche). Erreicht die elektr. Spannung dieser zwey Belegungen einen hohen Grad, so wird die Luftschichte durchbrochen (so wie das Glas einer überladenen Leidner-Flasche) und die E. setzet sich zwischen der Wolke und der Erde ins Gleichgewicht. Dieser Durchbruch ist mit einem Krachen verbunden, welches der Donner heißt, so wie der elektrische, hier bis zu einem oft meilenlangen feurigen Strahl vergrößerte Funke der Blitz genannt wird. Die ganze Erscheinung begreift man unter dem allgemeinen Ausdrucke eines Gewitters. Aus dem Gesagten erhellet, daß der Blitz immer jene Gegenstände treffen, oder daß es, wie man zu sagen pflegt, in jene Körper einschlagen muß, in welchen früher durch die vertheilende Wirkung der Wolke der größte elektr. Gegensatz hervorgerufen worden ist, der dann auch die größte Anziehung gegen die E. der Wolke ausübet; daher unter übrigens gleichen Umständen den nächsten, den am besten leitenden, den spitzigsten, den mit der ganzen Erde in der besten leitenden Verbindung stehenden, den die größte Capacität oder den geräumigsten und kürzesten Weg darbiethenden.

Gewitterwolken, welche manchmahl an dem Orte entstehen, wo das Gewitter zum Ausbruche kömmt, manchmahl aus andern Gegenden von einem jenen an der Oberfläche der Erde nicht selten entgegengesetzten Winde mit einer Geschwindigkeit von 50 bis 70 Fuß in Einer Secunde herbeygeführt werden, manchmahl sich an mehreren Stellen zugleich bilden und entweder zusammenziehen oder einzeln wirken, gewöhnlich die Höhe von 1000 Klafter nicht übersteigen, sich durch eine dunklere Farbe, scharfe Begränzung, groteske Anhäufung und durch grelle Beleuchtungs-Contraste von andern Wolken unterscheiden, zeigen zwar gleich von ihrer Entstehung an Spuren freyer E.; allein weil der elektr. Zustand der Atm. in Einer Minute mehrmahls wechselt, weil eine und dieselbe Wolke oft schnell hinter einander fortblitzt, und weil die aus Wasserbläschen bestehenden Wolken als Elektricitätsleiter eine große elektr. Spannung nicht durch längere Zeit (vorzüglich während eines Regens, oder wenn sie Berggipfel einhüllen) behalten könnten; so muß man annehmen, daß ihr elektr. Zustand in einem Augenblicke bis zur vollen Ladung anwachsen könne, und daß dieses unmittelbar vor der Entladung geschehe. Ist dieses der Fall, so läßt

sich durch viele in einer Gegend aufgerichtete Blitzableiter der Ausbruch eines Gewitters nicht verhindern. Die Ursache dieser plötzlichen Ladung ist nicht ausgemittelt. Eben so wenig kann man einen befriedigenden Grund angeben, warum Gewitter in der Regel nur im Sommer (am häufigsten im Julius), seltener bey der Nacht als am Tage, öfters Nachmittags als Vormittags, am seltensten Morgens, häufiger in warmen als in kalten Erdzonen erscheinen; warum selten ein Gewitter zum Ausbruche kömmt, wenn der Vollmond über dem Horizonte steht; warum die Gewitter in den späteren Jahreszeiten gewöhnlich der Richtung folgen, welche die ersten Gewitter im Frühjahre genommen haben. Regen tritt gewöhnlich erst einige Zeit nach dem Ausbruche des Gewitters ein, zeichnet sich durch reichlichen Erguß in dichten, großen, schweren Tropfen aus, die manchmahl in dichte Wasserfäden, nicht selten in Hagelkörner übergehen. Gewitterregen verstärken sich gewöhnlich nach jeder heftigen Explosion. Der Wind kehrt sich beym Ausbruche des Gewitters häufig um, verstärkt sich zum Sturme, bildet Wirbel, welche den Staub, auf dem Meere das Wasser, in die Höhe treiben, zeichnet sich durch eine niedrige Temperatur aus: es scheint als ob der kalte Wind unmittelbar von der Gewitterwolke herblase. Außer der geographischen Breite haben auch andere mehr örtliche Verhältnisse, z. B. die Nähe von Gebirgen, die Lage der letzteren gegen den herrschenden Wind und dergl. Einfluß auf die Frequenz der Gewitter in gewissen Gegenden: so hat z. B. Padua noch Ein Mahl so viel Gewitter als Rom, Stockholm 8 Mahl so viel als Copenhagen, obschon Rom viel südlicher als Padua, Copenhagen südlicher als Stockholm liegt. In hohen Gegenden der Atm. entstehen keine Gewitter mehr: nach Humboldt sind selbst in den Aequatorialgegenden Gewitter in einer Höhe von 2000 bis 2200 Klaft. sehr selten; auf der Spitze des Montblanc bemerkte Saussure an einer geschmolzenen Stelle des Granitfelsens noch deutliche Spuren vom Einschlagen des Blitzes. — Wenn ein Mensch sich unter einer elektr. Wolke befindet, so wird er, ohne etwas davon zu spüren, in den entgegengesetzten elektrischen Zustand versetzt: entladet sich nun die Wolke plötzlich, so wird auch die in dem Menschen angehäufte elektr. Materie plötzlich in die Erde zurücktreten, oder durch das Zuströmen der entgegengesetzten neutralisirt werden, und diese schnelle Bewegung der E. durch den Körper des Menschen kann diesen tödten, ohne daß er eigentlich von dem Blitze getroffen worden ist: man nennt diese Erscheinung den Rückschlag. — Wenn zwey Wolken von verschiedenem elektr. Zustande sich hinlänglich nahe kommen, so fahren die Blitze aus einer Wolke in die andere. Den manchmahl Meilen weit fahrenden Blitz sehen wir in einem Augenblicke, können daher auch den Punct seiner Entstehung kaum von jenem seines Verschwindens unterscheiden; der Schall hingegen, welchen

er an jedem Orte seines Weges durch Erschütterung der Luft hervorbringt, gelangt nur nach und nach in unser Ohr: daher kommt das Rollen und die scheinbare Zurückprallung des Donners. Auf der augenblicklichen Wahrnehmung des Blitzes und der spätern allmählichen des Donners beruht auch die Methode, aus der meistens nach Pulsschlägen gemessenen Zeit, in welcher der Donner auf den Blitz folgt, die Entfernung (für jeden Pulsschlag beyläufig 1000 Fuß) des Gewitters zu bestimmen.

195. Bey diesem Uebergange bringt die E. der Atmosphäre alle jene Wirkungen hervor, welche von der durch unsere Maschinen erregten E. bey der Entladung einer elektr. Batterie erzeugt werden (§. 171); nur sind die Wirkungen des Blitzes viel stärker, weil er durch die Entladung einer elektr. Batterie entstehet, deren Belegung statt nach Quadrat-Fußen nach Quadrat-Meilen, nähmlich nach der Ausdehnung der elektr. Wolke gemessen werden muß. Der Blitz tödtet also Menschen und Thiere, wenn sie in den Erschütterungskreis kommen, schmelzt und oxydirt Metalle, setzet entzündliche Gegenstände in Brand, macht Eisen magnetisch, benimmt dem Magnete seine Polarität, oder kehrt sie um, zerschlägt Nichtleiter, die ihm im Wege stehen, u. dgl. m.

Schlägt der Blitz in Sandhügel, so schmelzt er den Kiessand, der sich sonst nur in dem Knallgasgebläse und in dem Brennpuncte großer Brenngläser oder Brennspiegel schmelzen läßt, oder bildet die sogenannten **Blitzröhren** (**Fiedler** über Blitzröhren in **Gilb. A.** 71, 301 und 337. 72, 111. 74, 213 und 325). In den Pyrenäen hat man zuerst bemerkt, daß der auf nackte Felsen fallende Blitz seine Bahn auf diesen mit einer dünnen Glashaut, und mit mehreren festgeschmolzenen Kügelchen von schwarzem oder grünem Schlackenglase bedeckt. In lockerem Erdreiche hinterläßt der Blitz auf mehr als 30 Fuß Tiefe Merkmahle seines Weges. Diese Schmelzungen, so wie die Entzündung brennbarer Körper bewirkt die elektr. Materie mittelst der, theils durch ihre eigene Beschränkung auf einen engeren Raum, theils durch das Zusammendrücken der atm. Luft, die nicht schnell genug ausweichen kann, erzeugten Hitze. Daher werden dickere, metallene Leiter, durch welche der Blitz fährt, nicht einmahl warm, und führen ihn unschädlich durch die brennbarsten Substanzen, z. B. durch Schießpulver, Heu u. dgl. m., während ein Draht von demselben Metalle durch den nähmlichen Blitz geschmolzen wird, und alle brennbaren Substanzen, durch die er fährt, entflammt. Man hat kein Beyspiel, daß Eisenstangen von mehr als 1/2 Zoll im Durchmesser vom Blitze jemahls geschmolzen worden wären; wenn sie auch öfters dort, wo der Blitz aus der

Atm. in sie eintrat, oder aus ihnen wieder in die Atm. überging, an den Kanten und Ecken Spuren von Schmelzung zeigten; indem dort der Blitz gleichsam im comprimirten Zustande auf sie wirkte.

196. So wie man die größte elektr. Batterie durch einen Entlader (§. 168) mit vollkommener Sicherheit entladen kann: so lehrte uns auch Franklin eine elektr. Wolke ohne Gefahr zu entwaffnen, und den Blitz über jene Gegenstände, die wir vor seinem verderblichen Einwirken sichern wollen, als unschädliches Wetterleuchten bis zur zweyten Belegung des großen elektr. Apparates, nähmlich bis zur Erde, wegzuführen. Weil nähmlich die E. immer den Weg des mindesten Widerstandes nimmt, diesen aber an Metallen findet; weil sie auf einem Metallwege von hinlänglicher Capacität ihrer zerstörenden Natur verlustig, sich beynahe unbemerkt von einem Leiter in den andern fortbewegt, so darf man dem Blitze nur einen ununterbrochenen Metallweg anbiethen, um sicher zu seyn, daß er diesen einschlagen, und, wenn er geräumig genug bis in die entgegengesetzte Belegung, d. h. bis in die Erde führt, auch nicht verlassen wird. Darauf beruht die ganze Theorie der Wetter- oder Blitzableiter, d. h. eiserner mit ihren vergoldeten Spitzen 6 bis 30 Fuß über den höchsten Theil des zu sichernden Gegenstandes, z. B. eines Gebäudes, senkrecht in die Höhe ragender Stangen von beyläufig Einem Zoll im Durchmesser (Auffangstangen), welche an dem First des Gebäudes fort (Communicationsstangen), dann daran herab (Ableitstangen) ununterbrochen bis einige Schuhe tief in die Erde, am besten (wegen der besseren Weiterleitung) in einen Brunnen oder in ein anderes Wasserbehältniß geführt sind.

Man unterscheidet dreyerley Arten von Blitzableitern nach der Form, in welcher das Metall angewendet wird, nähmlich Blitzableiter aus Metallstangen, aus Metallstreifen und aus Metalldrähten. Die Auffangstange ist von einem Ende zum andern verjüngt geschmiedet, mit dem unteren 18 bis 24 Linien dicken Ende in dem Dachstuhle mittelst eiserner Klammern, Nägel oder Schrauben befestigt, und trägt auf dem oberen 8 bis 9 Linien dicken Ende eine eben so dicke, 12 bis 15 Zoll lange, vergoldete oder nicht vergoldete, oder mit einer Platinspitze versehene Kupferspitze. Ist die Auffangstange sehr hoch, so verfertiget man sie aus zwey Stücken, die dann möglichst genau und fest verbunden seyn müssen. Einige Zoll über dem Dache ist die Stange mit einem kleinen Eisen- oder Bleydache versehen, um das Eindringen des Regenwassers in das Holzwerk zu verhindern. Um die Auffang-

stange besser zu befestigen, ohne sie unten zu dick machen zu müssen, wird sie öfters durch eiserne Reife mit einem hölzernen, bis auf die Hälfte ihrer Höhe sich erhebenden und in den Dachstuhl eingezapften Pfahle verbunden. Manchmahl sitzt die Auffangstange mittelst eines großen aus eisernen Schienen bestehenden und von Außen an das Dach befestigten Sattels auf dem First des Gebäudes. Der Verbindungsleiter bestehet aus gleichförmigen 7 bis 9 Linien dicken, sowohl mit dem Fuße der Auffangstange, als unter einander mittelst Schweißens, Nietens oder Schraubens so genau als möglich verbundenen, auf einige Zoll hohen eisernen Gabeln ruhenden, eckigen oder runden Eisenstangen, welche an den höchsten Theilen des Gebäudes von einer Auffangstange zur andern fortlaufen, und diese in die möglichst beste leitende Verbindung setzen. Der eigentliche Ableiter endlich besteht aus denselben, auf gleiche Art verbundenen Eisenstangen, die mit den Verbindungsstangen ebenfalls in der genauesten leitenden Berührung stehen, von diesen auf dem kürzesten Wege bis an den Rand des Daches und von hier aus senkrecht an der Mauer hinab 18 bis 20 Zoll tief in den Boden, dann rechtwinklich 10 bis 15 Fuß weit von der Mauer weg, unter den Wasserspiegel eines Brunnens, oder eines andern größeren Wasserbehältnisses, am besten eines fließenden Wassers, führen. Um denjenigen Theil des Ableiters, welcher unter der Erde fortläuft, vor der Zerstörung durch Rost zu schützen, macht man ihn entweder aus Bley, oder umgibt ihn, wenn er von Eisen ist, in einem Canale aus Ziegeln mit gut ausgeglühten Holzkohlen. Da wo es an einem größeren Wasserbehältnisse fehlet, führt man das mit mehreren Querriegeln versehene Ende des Leiters in eine mit Kohlen gefüllte Grube. Reimarus findet das tiefe Versenken des Ableitersendes in die Erde überflüssig, indem die durch den Ableiter zugeführte elektrische Materie nicht in das Innere der Erde dringen, sondern sich bloß auf der Oberfläche derselben, wenn diese durch Feuchtigkeit u. dgl. m. gehörig leitend ist, verbreiten soll. Der Erfahrung zu Folge nimmt man an, daß das Schutzgebieth eines Blitzableiters durch einen Kreis begränzt wird, dessen Halbmesser höchstens der doppelten Höhe der Auffangstange (über den zu beschützenden Ort) gleich kömmt. Deßwegen ist es nothwendig, auf den höchsten Puncten weitläufiger Gebäude die Auffangstangen (die aber alle in leitende Verbindung gesetzt werden müssen) zu vervielfältigen und so zu ordnen, daß, wenn man sie gegen einander umlegt, der Zwischenraum zwischen ihren Spitzen der beyderseitigen Länge zusammengenommen gleich ist. Daraus läßt sich das Schutzgebieth der mit Blitzableitern versehenen Thürme, auf denen eine hohe Auffangstange zwecklos ist, berechnen. Auf Kupfer- und andern Metalldächern scheinen Auffangstangen überflüssig zu seyn, indem man das Metall des Daches bloß mittelst einer oder mehrerer Metallstangen mit der Erde auf die oben beschriebene

Art in leitende Verbindung zu setzen braucht. Reimarus verwirft die Auffangstangen ganz, und setzet dafür alle emporragenden Theile des Hauses mit dem Ableiter in Metallverbindung. Es ist räthlich, alle beträchtlichen Metallmassen, die sich auf der Oberfläche eines Gebäudes befinden, z. B. kupferne oder zinkene Säume, eiserne Klammern und Schließen, Dachrinnen u. dgl. m., mit dem Ableiter durch etwas dünnere Metallstangen in leitende Verbindung zu setzen; weil sonst die elektr. Materie, wenn ihre Bewegung auf dem eigentlichen Leiter einige zufällige Hindernisse erfährt, von demselben abspringen und sich auf diese Metallmassen werfen könnte, welches meistens mit Zerschmetterung des Ableiters und mit andern Verheerungen verbunden ist. Um den Blitz auf dem Ableiter nicht zu weit herumzuführen (da sich das Leitungsvermögen aller Leiter mit ihrer Länge vermindert) und ihm einen kurzen Weg in die Erde anzubiethen, gehöret auf jedes Paar Auffangstangen wenigstens Ein Ableiter bis in die Erde. Die Ableiter läßt man am liebsten auf der Wetterseite des Gebäudes (vorzüglich wenn dieses ein Thurm ist) herablaufen. — Die aus Metallstreifen bestehenden Blitzableiter werden ihrer Wohlfeilheit und leichten Herstellbarkeit wegen, vorzüglich von Reimarus empfohlen. Alle hervorragenden Puncte eines Gebäudes, z. B. der First, die Ecken der Schornsteine u. dgl. m., werden mit aufgenagelten 5 bis 6 Zoll breiten Bleystreifen bekleidet, die man alle mit einander in Verbindung setzet, dann durch Einen, oder, nach der Ausdehnung des Gebäudes, durch mehrere ähnliche Streifen bis an den Saum des Daches führet, hier mit einem Kupferstreife verbindet, diesen an der Mauer unmittelbar befestiget und in den feuchten Boden verlängert. Auf einem Ziegel- oder Schieferdache können die Bleystreifen auf hölzerne Latten genagelt, und zur Verhinderung der Oxydation mit einer guten Oehlfarbe oder mit Theer überzogen werden. Auffangstangen wendet Reimarus nur bey Strohdächern an. — Der Wohlfeilheit und leichteren Verfertigung wegen gibt v. Yelin den aus Metalldraht bestehenden Blitzableitern noch den Vorzug vor den aus Metallstreifen bestehenden. Zu diesem Zwecke werden dünne, gefirnißte, mit Oehlfarbe bestrichene oder getheerte Messingdrähte zu einem Seile zusammengewunden, welches so dick seyn muß, daß ein 10 Fuß langes Stück davon wenigstens Ein Pfund wiegt, und welches im Ganzen neuerdings gefirnißt oder getheert, dann auf dieselbe Art, wie die Metallstreifen von Reimarus, angewendet wird: man ersparet dabey alles Nieten oder Zusammenschrauben. Nach anderen Angaben werden 10 bis 15 Eisen- oder Messingdrähte zusammengeflochten, und vier solche getheerte Metallschnüre neuerdings zusammengewunden; das daraus entstandene wieder getheerte Drahtseil wird entweder mit eisernen Auffangstangen in Verbindung gesetzet, oder bloß so wie die Metallstreifen verwendet. Einige schreiben auch vor, das

Drahtseil solle sich unten vor dem Eintritte in das Erdreich an eine 9 bis 10 Linien dicke Eisen- oder Bleystange schließen, welche dann, so wie bey den oben beschriebenen Stangenableitern, weiter in einen Brunnen, oder in ein fließendes Wasser geführt wird. Blitzableiter von der eben angegebenen Dicke der Stangen und Seile, oder von der gehörigen Breite der Streifen, werden durch den heftigsten Blitzstrahl nicht einmahl warm; wendet man aber Blitzableiter von viel geringerer Capacität an, so muß man sich hüthen, sie nahe an brennbaren Substanzen vorbey, noch viel weniger aber durch dieselben zu führen, weil diese sich öfters so sehr erhitzen, daß sie glühend werden, oder gar schmelzen. Deßwegen dürfen auch die kupfernen Spitzen der Auffangstangen nicht zu dünn und lang gezogen seyn, weil bey einem Blitzschlage sonst ein Theil der Spitze abschmilzt, und die herabfallenden Metalltropfen das Dach entzünden können. Das Wesentliche bey der Errichtung der Blitzableiter bleibt immer, dem Blitze oder der elektr. Materie von dem höchsten Puncte des zu sichernden Gegenstandes, in nicht zu großen Entfernungen von einander, kurze, geräumige, ganz und gar nicht unterbrochene Metallwege bis auf eine hinlängliche Entfernung von dem Gegenstande in das Erdreich anzubiethen, und dafür zu sorgen, daß die elektr. Materie hier an Wasser, Kohlen u. dgl. m. Leiter finde, um sich in oder auf der Erde zu verbreiten. Je weniger Hindernisse die elektr. Materie auf diesem Wege findet, eine je bessere Elektricitätsleitung derselbe also darstellet, das heißt aus einem je besser leitenden Metalle er bestehet, je kürzer, geräumiger und ein je weniger unterbrochenes Continuum der Weg ist, und in einer je besser leitenden Verbindung mit der Erde er stehet, desto weniger Veranlassung wird die elektr. Materie finden, ihn zu verlassen, und auf andere abgesonderte Leiter in der Nachbarschaft überzuspringen, welches immer gefährlich ist, weil dort sowohl der Blitzableiter, als der Gegenstand, auf welchen die elektr. Materie überspringt, als auch Alles, was ihr hindernd im Wege stehet, zerstöret wird; denn dort, wo die elektr. Materie von einem Leiter auf den andern, oder von einem Theile des Leiters auf den zweyten, mit dem ersten nicht in unmittelbarer Verbindung stehenden überspringen muß, erscheint sie wieder in ihrer ganzen zerstörenden Natur. — Weil in Blitzableitern, wenn sie auch Anfangs noch so zweckmäßig errichtet worden sind, doch mit der Zeit durch die Einwirkung der Atm., des Blitzes u. dgl. zufällig Unterbrechungen entstehen können, so müssen sie in dieser Beziehung jedes Frühjahr wenigstens Ein Mahl, vorzüglich aber nach jedem heftigen Donnerwetter, wo der Blitz auf sie gefallen seyn könnte, untersucht werden. Wegen der Gefahr, welche solche zufällige, selbst kleine, öfters kaum bemerkbare Unordnungen bey Pulver-Magazinen, noch mehr aber, wegen des überall verbreiteten feinen Pulverstaubes, bey Pulvermühlen erzeugen

könnten, bringt man zur Sicherung dieser Gebäude die Blitzableiter nicht an ihnen selbst, sondern auf Stangen (Lantennen) an, welche 1 bis 2 Klaftern vom Gebäude entfernt in der Erde befestigt sind, und sich zwey bis drey Klaftern über den First des Gebäudes erheben. Seeschiffe, welche als die einzigen sich über die Meeresfläche erhebenden Gegenstände den Blitzschlägen vorzüglich ausgesetzt sind, tragen auf dem höchsten Mastbaume eine kurze, kupferne, zum Umlegen eingerichtete Auffangstange, von welcher eine Strecke am Mastbaume herab eine sich in einen Ring endigende Stange läuft; an dem Ringe ist das Metallseil befestigt, welches durch Tauwerk getragen, seitwärts über den Bord des Schiffes bis unter das Wasser, oder allenfalls auch bis an den äußeren Kupferbeschlag des Schiffes reichet. — Wegen der Gefahr während der Aufrichtung soll man an weitläufigen Gebäuden, besonders im Sommer, die Blitzableiter nicht von oben herab, sondern von unten hinauf zu errichten anfangen.

Es ist bereits erwähnt worden, daß einige Physiker die Auffangstangen empfehlen, andere sie verwerfen; die erstern sind aber auch noch darüber uneinig, ob die Auffangstangen zu oberst mit Spitzen oder mit Kugeln versehen seyn sollen. Schon Franklin erwartete so viel von dem stillen Einsaugen der Spitzen, daß er dadurch Gewitterwolken ganz zu entkräften und den eigentlichen Ausbruch des Gewitters, oder wenigstens das Einschlagen verhindern zu können glaubte. Er hielt deßwegen die mit Spitzen versehenen Blitzableiter für offensiv, die stumpfen, oder die mit Kugeln versehenen dagegen, weil sie die bereits ausgebrochenen Blitze bloß unschädlich ableiten, für defensiv. Wenn gleich das stille Einsaugen zerstreuter Blitzableiter-Spitzen bey weitem nicht im Stande ist, ausgebreitete Gewitterwolken ganz zu entladen, und zwar um so weniger, wenn die elektr. Spannung der Wolke durch den darin vorgehenden chem. Prozeß erst den Augenblick vor dem Ausbruche des Blitzes entstehet: so stimmt doch die Mehrheit unserer und der französischen Physiker für Blitzableiter mit Spitzen; weil der Einwurf gegen dieselben ungegründet ist, daß elektr. Wolken von spitzigen Blitzableitern auf größere Entfernungen und kräftiger angezogen werden als von stumpfen; indem spitzige Blitzableiter zwar die plötzliche Entladung der elektr. Wolke oder das Einschlagen auf größere Entfernungen bewirken, aber eben dadurch ihren Schutzkreis erweitern; endlich weil sie vielleicht doch manche kleinere elektr. Wolken durch stilles Einsaugen so weit entladen können, daß es zu keiner eigentlichen Explosion kommt. Aus der letzten Ursache hat man Blitzableiter, die in einem etwas ausgedehnteren Bezirke angebracht sind, zugleich für Hagelableiter gehalten; weil alle beym Hagelfall beobachteten Erscheinungen darauf hindeuten, daß die Entstehung des Hagels mit dem gestörten elektr. Gleichgewichte zwischen der Oberfläche der Erde und der

Atm., oder wenigstens der in der Atm. schwebenden Wolken in genauem Zusammenhange stehen müsse. Wenn der Hagel auch auf solche Gebäude fällt, die mit Blitzableitern versehen sind, so kann die Ursache in der zu geringen Anzahl der Blitzableiter, und in der Beschränktheit des Gebiethes, in dem sie angebracht sind, zu suchen seyn. Eine gegründetere Einwendung fließt aus der Beobachtung, daß der Hagel auch in ausgedehnte Wälder fällt, da doch jeder Baum für einen spitzigen Blitzableiter angesehen werden kann. Wegen der Kostspieligkeit metallener Blitzableiter schlägt La Postolle vor, durch Strohseile, die er allen unsern Kenntnissen über E. entgegen, für bessere Elektricitätseinsauger und Leiter als die Metalle hält, und die auf hohe Stangen gebunden in der zu schützenden Gegend gehörig vertheilt aufgerichtet werden, Hagel- und Gewitterwolken ohne Schaden zu entwaffnen. Seine Vorschläge bewährten sich durch die Erfahrung eben so wenig, als sie mit der Elektricitätstheorie übereinstimmten. Das Läuten der Glocken kann wegen der Geringfügigkeit der dadurch der Luft mitgetheilten Erschütterung nur wenig Einfluß auf die Gewitter haben: nach Lechevin sollen in einer Gegend von Burgund heranziehende oder sich bildende Gewitter- und Hagelwolken durch Abfeuern von großen Pöllern zerstreut werden. In andern Gegenden zündet man viele stark rauchende Feuer an, um die elektr. Materie durch die Rauchsäulen abzuleiten.

Die Blitzableiter wurden von Benjamin Franklin im Jahre 1753 erfunden. Die ersten Blitzableiter in Deutschland wurden von Prokop Divisch zu Brenditz bey Znaym in Mähren im Jahre 1754 errichtet. In England wurden die ersten Blitzableiter im Jahre 1762, zu Hamburg im Jahre 1769 aufgestellt (D. Benj. Franklin's nachgelassene Schriften u. s. w. Weimar 1818. — Reimarus vom Blitze. Hamburg 1778. Dessen neue Bemerkungen vom Blitze. Hamburg 1794. — Hemmer's Anleitung Wetterableiter anzulegen u. s. w. Manheim 1786. — Mars. Landriani Abhandlung vom Nutzen der Blitzableiter. Wien 1786. — J. L. Böckmann über die Blitzableiter u. s. w. Carlsruhe 1791. — Groß Grundsätze der Blitzableitungskunst. Leipzig 1796. — Ambschell's Anf. der Naturlehre. Wien 1792. — v. Hauch, von der Luftelektricität u. s. w. Koppenhagen 1800. — Freyherrn v. Unterberger's nützliche Anmerk. von den Wirkungen der E. u. s. w. Wien 1811. — Gütle's n. Erfahr. über die beste Art, Blitzableiter anzulegen. Nürnberg 1812. — Imhof's theor. pract. Anweisung zur Anlegung und Erhaltung zweckmäßiger Blitzableiter. München 1816. — Physikalisches Wörterbuch von Pfaff, Munke, Horner, Gmelin, Brandes. Leipzig 1825. 1, 1035. — Anweisung zur Errichtung der Blitzableiter in Frankreich, verfaßt von einer Commission, bestehend aus den Herren Poisson, Lefevre, Girard, Dulong, Fresnel und Gay-Lussac. In Gilb. A. 77, 403. — La Po-

Stolle, über Blitz- und Hagelableiter aus Strohseilen. Weimar 1821, und Gilb. A. 68, 215).

Vorsichtsmaßregeln bey Gewittern: Im Freyen vermeide man mit seinem Körper den höchsten Punct der Gegend zu machen, sondern man stelle oder lege sich an einen niederen Ort, am besten 3 bis 4 Klaftern weit von einem hohen Gegenstande, z. B. von den Aesten eines Baumes, oder von einem Gebäude u. dgl. m. entfernt; man suche aber ja nicht Schutz unter einem Baume selbst, denn dieser ist zwar (vorzüglich wegen seiner Höhe) ein Blitzableiter, aber ein schlechterer Elektricitätsleiter als der thierische Körper (wie die Zerstörungen beweisen, welche der Blitz anrichtet, wenn er in dem saftreichsten Theile zwischen Rinde und Splint herabfährt); daher springt der Blitz vom Baume häufig auf nahe Menschen oder Thiere, und sucht durch diese einen leichteren Abfluß zur Erde. Dasselbe ist in der Nähe von Wasserströmen, die von der Höhe, z. B. aus Rinnen u. dgl. sich ergießen, der Fall. Man hat Beyspiele, daß Thiere unterm Wasser vom Blitze erschlagen worden sind. In der Nähe eines guten, metallenen Blitzableiters kann man zwar nicht vom Blitze selbst getroffen, allein, wenn man sehr nahe steht, durch die elektr. Atmosphäre, durch den Rückschlag u. dgl. m. beschädigt werden. Man entferne sich von größeren Wassermassen, weil der Blitz, der vorzüglich gern auf diese fällt, seinen Weg durch den menschlichen Körper nehmen könnte; man verlasse höhere Gegenstände, worin sich viel Metall befindet, z. B. Wagen. Auch stark ausdünstende Thiere, z. B. schwitzende Pferde, ziehen als gute Leiter die E. an; deßwegen soll man sich auch nicht durch eigene heftige Bewegung in starke Ausdünstung versetzen. In einer Stube halte man sich ruhig, von den Fenstern, von den Mauern, von Kronleuchtern (Lustern), von Spiegeln, Glockenzügen, vorzüglich aber vom Kamine entfernt; denn am Fenster befinden sich häufig Metalle, in den Mauern eiserne Schließen, und der Rauchfang wird vom Blitze am häufigsten getroffen, theils weil er meistens selbst über den First des Daches emporragt, theils weil die aus ihm aufsteigende Rauchsäule denselben in noch nähere leitende Verbindung mit der elektr. Wolke setzet, theils auch weil der Ruß, womit er bekleidet ist, der elektrischen Materie als guter Leiter dienet; daher auch der Herd in der Küche der gefährlichste Ort im Hause ist. Will man die Vorsicht noch weiter treiben, so stelle man einen hölzernen Stuhl auf eine Matratze und setze oder lege sich darauf. Im Erdgeschoße ist man sicherer, als in den höheren Stockwerken; in die Keller zu gehen ist nicht rathsam, wegen der Gefahr, in die man bey einer entstehenden Feuersbrunst gerathen könnte. Das Oeffnen der Fenster und der dadurch veranlaßte Luftzug schadet bey Gewittern eben so wenig als das Läuten der Glocken; nur Jener, der das Läuten verrichtet, setzet sich großer Gefahr aus. Die wenigen Metalle, welche ein

unbewaffneter Mensch gewöhnlich bey sich trägt, z.B. Geld, Uhren u. dgl., werden die Gefahr eben so wenig vermehren, als seidene Kleider u. dgl., wenn man sich nicht ganz darein nähet, sie vermindern.

d) Von der thierischen Elektricität.

197. Gleich nach der Entdeckung des Galvanismus verstand man diesen unter thierischer Elektricität, weil man sich vorstellte, er bringe seine Wirkungen durch eine besondere Art aus dem thierischen Körper entwickelter E. hervor (§. 172*). Heute versteht man unter thierischer E. die an lebenden Thieren als physiologische Erscheinung wahrgenommenen Elektricitäts-Aeußerungen. — Es gibt Thiere, derer Fell durch Reiben sehr leicht in so hohem Grade elektrisch wird, daß es knisternde Funken sprüht, und beym Berühren in gewissen Puncten sogar einen Schlag mittheilt, den sowohl das Thier als der reibende Mensch empfindet: diese Erscheinungen kann man an Katzen bemerken, doch an einigen im höheren Grade als an andern. Auch die Haare und die Haut mancher Menschen können durch Reiben (Funkensprühen der Haare mancher Personen beym Kämmen) und durch noch andere unbekannte Ursachen elektrisch werden: man zählt dieses unter die Ursachen der so genannten freywilligen Selbstentzündungen und Selbstverbrennungen (J. Jac. Hemmer's Unters. über die thierische E., vorzüglich über die freywillige. In Gren's Jahrbüch. der Physik 3, 267). — In vorzüglich hohem Grade besitzen einige Arten von Fischen die Gabe, sich durch eigene Organe augenblicklich elektrisch zu laden und gleich einer geladenen Leidner-Flasche elektr. Schläge mitzutheilen. Es scheint in ihrer Willkühr zu stehen, wann und welchem Gegenstande sie diese Schläge ertheilen wollen: sie brauchen dieselben daher als Schutzwaffen gegen ihre Verfolger und als Angriffswaffen, um sich ihre Nahrung zu verschaffen. Werden die starken, zu den elektr. Organen führenden Nerven unterbunden oder durchgeschnitten, so verliert der Fisch die Fähigkeit, elektr. Schläge zu ertheilen. Auch mit Abnahme der Lebenskraft vermindert sich diese Fähigkeit. Auf einer metallenen Schüssel kann man einen solchen Fisch ohne Gefahr handhaben. — Unter diesen Fischen war der Krampf- oder Zitterroche (Raja Torpedo) schon den Alten bekannt, die ihn als Heilmittel brauchten, und zwischen der Ursache seiner Schläge und der Ursache des Donners eine Aehnlichkeit ahneten. In späteren Zeiten hat man die elektr.

Eigenschaft an dem in den Gewässern von Surinam lebenden Zitteraal (Gymnotus electricus) in einem noch höheren Grade gefunden, und die Zahl der elektr. Fische noch durch den Zitterwel (Silurus electricus) in den Flüssen von Afrika, durch den zwische Madagaskar und Zanguebar entdeckten elektr. Stachelbau (Tetrodon electricus), endlich durch den elektr. Spitzschwan (Trichiurus indicus) vermehrt. — Die Entstehung der E. in die sen Fischen erklären Einige durch Ladung und Entladung eines Systems von Leidner-Flaschen, welche eigene Organe dieser Thiere bilden; Andere, mit Volta, durch eine galvanische Säule: Beyde führen zur Unterstützung ihrer Hypothese aus der Beschaffenheit de genannten Organe hergenommene Beweise an. Vielleicht wird di E. durch Galvanismus erzeugt und dann in Leidner-Flaschen angehäuft? Auf diese Art wäre die sonst bey der galvanischen Elektricität nicht gewöhnliche Stärke der Erschütterung erkläret, welche diese Fische mitzutheilen vermögen (Humboldt, über die elektr. Fische: in Gilb. A. 22 und 25. Gehler's phys. Wörterb. 4, 278).

e) Von der durch Erwärmung erregten Elektricität.

198. An dem meistens in Säulen oder Pyramiden krystallisirten edlen Schörl oder Turmalin bemerkte man zuerst die Eigenschaft, daß er erwärmt an seinen Enden kleine Körper, z. B. Papierstreifchen, Asche u. dgl. anzog, weßwegen man ihn auch Aschenzieher nannte. Später fand man die Ursache dieser Erscheinung in dem elektr. Zustande, in welchen sich dieses Fossil durch Erwärmung versetzet, und wodurch es an dem einen Ende positiv, an dem andern negativ elektrisch wird. Dieses Elektrischwerden durch Erwärmen kennt man nun an neun Fossilien, nähmlich: an dem gemeinen Schörl, an dem brasilianischen Topas, an dem Axinit, Mesotyp, Prehnit, Sphen, Apatit, krystallisirten Galmey, an dem Boracit, und, nach Breithaupt, auch an dem Helvin. Die Stellen, wo sich nach der Erwärmung ein elektr. Zustand äußert, nennet man Pole: nur der Turmalin und Boracit erhalten durch Erwärmen Polarität: der Turmalin hat zwey Pole, der Boracit aber besitzt ihrer 8, nähmlich vier positive und vier negative. Die positiven Pole unterscheiden sich auch schon durch die äußere Krystallform von den negativen; so liegt der + Pol des Turmalins immer dort, wo sich die Säule in 6 Flächen endigt, der — Pol aber dort, wo

sie sich mit 3 Flächen schließet. Die Temperatur, bey welcher der Turmalin elektrisch wird, fällt zwischen +30 und 50 Grad R. Weit über den Siedepunct des Wassers erhitzt, verlieret er seine elektr. Pole, und wird die Erhitzung noch weiter getrieben, so kehren sich die Pole um, d. h. der vorher + Pol wird nun zum negativen, und der vormahls — Pol zum positiven. Durch Reiben erhält der Turmalin, gleich allen glasartigen Körpern, + E. Wird der Turmalin bloß an Einem Ende erwärmt, während das andere immer kühl bleibt, so erhält er an beyden Polen gleichen elektr. Zustand. Wird ein erwärmter, mit zwey entgegengesetzten Polen versehener Turmalin zerschlagen, so zeigt jedes einzelne Stück zwey entgegengesetzte Pole. Zwey erwärmte Turmaline ziehen sich mit den entgegengesetzten Polen an, und stossen sich mit den gleichnahmigen ab. In der Mitte zwischen den beyden Polen zeigt sich keine Spur von Elektricität.

Hauy gibt ein bequemes Instrument an, sowohl die elektr. Eigenschaft der Fossilien überhaupt, als auch ihrer Pole zu bestimmen. Es besteht (Fig. 46, tab. I.) aus einer, in einem Harzkuchen a senkrecht befestigten Metallnadel a c, auf deren Spitze ein, sich beyderseits in Knöpfchen endigender, sehr beweglicher Metallstift wagrecht ruht. Man nähert der Nadel a c, die man mit einem Finger berührt, eine geriebene Siegellackstange, entfernt dann zuerst den Finger, darauf die Siegellackstange: so hat sowohl der senkrechte als wagrechte Stift + E. Nähert man nun ein erwärmtes Fossil einem der Knöpfchen, und wird dieses von einem gewissen Puncte des Fossils abgestoßen, so ist das Fossil elektrisch und der genannte Punct ist sein + Pol; jene Stelle hingegen, mit welcher derselbe Körper das Knöpfchen anzieht, ist der — Pol. Es fehlt noch eine befriedigende Theorie zur Erklärung der elektr. Erscheinungen an den genannten erwärmten Mineralien. Dr. Jäger findet Analogien zwischen seiner aus belegten Glasplättchen erbauten trockenen Säule und dem Turmaline: er stellt sich diesen aus regelmäßig abwechselnden Schichten von Braunstein und Eisen, die durch einen glasigen Nichtleiter von einander getrennt sind, bestehend vor (Gilb. A. 49, 66). Auf keinen Fall läßt sich aber die große Aehnlichkeit übersehen, die zwischen einem erwärmten Turmaline und einem Magnete Statt findet: die genannten Fossilien scheinen den Uebergang zu den magnetischen Körpern zu machen, indem sich in jenen die elektr. Anziehung in die magnetische allmählich zu verlieren scheint. — Nach Brugmann's soll der Turmalin auch wirklich magnetische Wirkungen äußern (Ueber die E. der Mineralkörper, Hauy in Schweiggers J. 25, 105. Brewster in Gilb. A. 78, 297. Becquerel in Gilb. A. 89, 628).

II. Magnetismus.

199. Unter Magnetismus versteht man sowohl den Inbegriff aller magnetischen Erscheinungen als auch die unbekannte Ursache derselben. Den Zustand der Körper, in welchem sie magnetische Erscheinungen äußern, hat man auch angefangen, Magneticität, und die als eine besondere Materie gedachte Ursache der magnetischen Wirkungen Magnetstoff, magnetische Materie oder magnetische Flüssigkeit zu nennen. Unter die vorzüglichsten magn. Erscheinungen gehören die magn. Anziehung und Abstossung, die Polarität und Richtung.

a) Magnetische Anziehung und Abstossung.

200. Schon 600 Jahre vor Chr. Geb. bemerkte Thales die Eigenschaft gewisser Eisenerze, metallische Eisenspäne anzuziehen und festzuhalten (§. 41). Viel später machte man die Erfahrung, daß diese Eisenerze (die gegenwärtig häufig in Schweden, Sibirien, Böhmen, Ungern, auf der Insel Elba, und noch an andern Orten gefunden, von den Mineralogen Magneteisensteine, von den Physikern aber natürliche Magnete genannt werden) metallisches Eisen nicht nur anziehen, sondern ihm auch ihre magnetische Eigenschaft, theils nur vorübergehend, theils dauernd mittheilen. Eisen, welches durch Einwirkung eines natürlichen Magnets dessen Eigenschaft erhalten hat, heißt attractorisch oder auch ein künstlicher Magnet. Eisen in jenem Zustande, in welchem es wohl von einem natürlichen oder künstlichen Magnete angezogen wird, ohne jedoch selbst im Stande zu seyn, gegen Nicht-Magnete magnetische Wirkungen auszuüben, heißt retractorisch oder auch unpartenisch. Auch solche Körper, welche in ihrer Mischung viel Eisen enthalten, werden vom Magnete angezogen. Durch Verbindung mit einigen Substanzen, z. B. mit einem großen Verhältnisse von Sauerstoff oder mit Arsenik, welcher ein so gefährlicher Feind der Magneticität wie des Lebens zu seyn scheint, verliert das Eisen nicht nur seine attractorische, sondern auch retractorische Eigenschaft.

In den neuesten Zeiten hat man gefunden, daß Kobalt und Nickel, wenn sie von Arsenik ganz gereinigt sind, sich in Hinsicht auf den Magnetismus eben so wie Eisen verhalten, nähmlich retractorisch sind, und attractorisch werden können. Man hat diese Eigenschaft noch auf mehrere Körper, z. B. auf Braunstein, Chrom, gehämmertes Messing,

ausdehnen wollen; allein da man sich von der Abwesenheit alles Eisens in diesen Körpern so schwer versichern kann, so bleibt es immer noch zweifelhaft, ob die schwachen magnetischen Wirkungen, die man an den genannten und an einigen andern Substanzen bemerkt hat, nicht diesem Eisengehalte zuzuschreiben seyen. Nach Coulomb gibt es keine Substanz, die gegen den Magnetismus ganz unempfindlich ist, denn wenn sehr kleine Nadeln von Gold, Silber, Glas, Holz und überhaupt von allen organischen und unorganischen Substanzen an einem Seidenfaden schwebend zwischen die entgegengesetzten Pole zweyer sehr starker Magnete gebracht werden, so nehmen sie bestimmt und unveränderlich die Richtung dieser Pole an; und wenn man eine solche schwebende Nadel einem Magnete nähert, so werden ihre Schwingungen sichtbar beschleunigt (Gilb. A. 11, 361. 12, 194 und 61, 395).

201 Sowohl natürliche als künstliche Magnete ziehen das Eisen nicht an allen Puncten gleich stark an: jeder Magnet hat gewöhnlich zwey entgegengesetzte Stellen, mit denen er das Eisen am stärksten anzieht, und die man wegen einer andern, später zu erwähnenden Eigenschaft, seine Pole, und zwar die eine seinen Nordpol, die andere seinen Südpol heißt. Magnete mit mehr als zwey Polen kommen selten vor, und sind immer als aus mehreren einzelnen Magneten zusammengesetzt zu betrachten.

202. Wenn man einen künstlichen Magnet, der gewöhnlich die Gestalt eines flachen Parallelepiped's hat (Fig. 47), in eine Lage bringt, daß er sich so frey als möglich bewegen kann, z. B. auf Kork im Wasser schwimmen macht, oder in seinem Schwerpuncte an einem Faden aufhängt, oder auf eine feine Spitze wagrecht stellt, und man nähert seinem Nordpole den Nordpol eines andern Magnets, so wird sich jener entfernen. Eben so werden sich die zwey Südpole gegen einander verhalten. Nähert man aber dem Nordpole des einen Magnets den Südpol des andern, so ziehen sie sich heftiger an, als jeder Pol für sich unpartheyisches Eisen anzieht. Gleichnahmige Pole stossen sich also ab, ungleichnahmige ziehen sich an. Man nennet daher die gleichnahmigen Pole auch die feindlichen, die ungleichnahmigen hingegen die freundschaftlichen.

Es gibt mehrere Methoden, die Pole eines Magnets zu finden: Wenn man ein 3 Linien langes, an einem Faden wagrecht aufgehängtes Stückchen feinen Eisendrahtes an der Oberfläche des Magnetes herumführt, so stellet es sich an den Polen senkrecht, und legt sich in der Mitte

zwischen beyden Polen ganz flach auf. Wenn man einen Magnet in Eisenspäne legt, so hängen sich diese an den Polen am häufigsten an, und bilden dort Eisenbärte. An den Polen ist der Magnet durch seine Anziehung das größte Gewicht Eisen zu tragen im Stande. Durch das letzte Mittel hat man gefunden, daß eine magnetische Stahlstange ihre Pole nicht an den beyden äußersten entgegengesetzten Enden, sondern um den 60sten bis 40sten Theil ihrer ganzen Länge davon gegen die Mitte zu entfernt hat (z. B. in Fig. 47 nicht in a und b, sondern in n und s); denn die anziehende Kraft einer solchen Stange gegen Eisen wächst von den äußersten Enden bis auf die genannte Entfernung dem Mittelpuncte zuwärts; dann aber nimmt sie weiter gegen die Mitte zu in einem sehr schnell steigenden Verhältnisse wieder ab, bis sie in der Mitte selbst ganz verschwindet.

203. Die magnetische Anziehung sowohl als Abstossung nimmt mit der Entfernung ab. In welchem Verhältnisse diese Abnahme erfolge, ob im Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen, wie Coulomb und Bidone durch Versuche gefunden haben wollen, ob im Verhältnisse ihrer Würfel, nach der Meinung Anderer, ist noch nicht ausgemacht: so viel ist jedoch gewiß, daß die Abnahme schneller als im bloßen Verhältnisse der Entfernungen erfolgt. Die Anziehung der ungleichnahmigen Pole zweyer Magnete ist auf eine größere Entfernung bemerkbar, als die Anziehung, welche ein Magnet auf unparteyisches Eisen ausübet.

204. Der Magnet äußert seine anziehende und abstossende Wirkung durch alle Körper der Natur: man mag Wasser, Metalle, Glas, Papier, Leder, ja Theile lebender organischer Wesen zwischen zwey Magnete oder zwischen einen Magnet und Eisen bringen; so wird letzteres immer angezogen werden, und die gleichnahmigen Pole der zwey ersteren werden sich abstossen, die ungleichnahmigen anziehen. An dem Eisen, und wahrscheinlich an allen der attractorischen Eigenschaft fähigen Körpern erleidet die magnetische Leitung eine Modification: ein langer Streifen Eisenblech zwischen die Pole zweyer beweglicher Magnete wie eine Wand gestellt, daß also die zwey Magnete an die beyden breiten Flächen des Eisens gränzen und nur durch die Dicke des Bleches von einander getrennt sind, vermindert die Einwirkung beyder Magnete auf einander so sehr, daß man sie oft gar nicht bemerkt; wird das Eisenblech aber nach der Breite oder nach der Länge zwischen die zwey Magnete gebracht, daß diese also die Seiten- oder Endkanten des Bleches berühren, so hindert

es die magn. Einwirkung nicht allein nicht, sondern befördert sie, indem man sie auf solche Weise noch in einer Entfernung von 10 Fuß merklich machen kann. — Der Magnet äußert seine Wirkungen ohne Unterschied im luftleeren und im luftvollen Raume, wie auch in allen Arten von Luft. Eine erhöhte Temperatur ist der Wirksamkeit des Magnetes nicht günstig: ist er ein Mahl stark erhitzt worden, so erlangt er seine ganze vorige Wirksamkeit selbst nach dem Erkalten nicht wieder; durch Weißglühhitze verliert er seine Kraft ganz und für immer; weiß- oder rothglühendes Eisen wird vom Magnete nicht angezogen, dasselbe erhält aber, wie es aufhört zu glühen, seine retractorische Eigenschaft sogleich wieder. Wird ein Magnetstab durch Schnittflächen, die senkrecht auf seine Achse geführt werden, in mehrere Stücke zerschnitten; so zeigt jedes Stück wieder zwey Pole, nur von minderer Wirksamkeit. Gepulvert gibt er gar kein Zeichen seiner vorigen Kraft mehr. Wenn man einen Magnet mit Stein auf Stein schlägt, in gewissen Richtungen starke elektrische Funken durch ihn leitet, so verliert er seine charakteristische Eigenschaft eben so wie durch Rost.

Gewöhnlich zeigen die beyden entgegengesetzten Pole eines Magnets gleiche Stärke; doch wollen Einige die Bemerkung gemacht haben, daß auf der nördlichen Halbkugel der Erde der Nordpol des Magnets, und auf der südlichen Halbkugel sein Südpol eine größere Wirksamkeit als der entgegengesetzte äußere. — Die Magneticität erleidet durch das Kupfer eine eigenthümliche Modification: eine aus ihrer Richtung gebrachte Magnetnadel, die von Holz, Glas, Luft u. s. w. umgeben, erst nach 145 Schwingungen zur Ruhe gelangt, ruhet in einem Kreise von Kupfer schon nach 30 Schwingungen, obschon hinsichtlich der Dauer jede einzelne der letzteren mit jeder einzelnen der ersteren ganz übereinstimmt (*Journ. de pharmacie* 1824, 622). — Ueber die Verminderung der magn. Kraft bey Erhöhung der Temperatur von 0 bis + 80° R. hat Kupffer, Prof. in Kasan, genaue Versuche angestellt (*Annal. de chim. et phys.* 30, 113. Ueber Veränderung des Magn. durch Temperaturs-Erhöhung: Gilb. A. 86, 47). Nach ihm wird die Dauer von 300 Schwingungen derselben Magnetnadel für jeden R. Grad Temperaturserhöhung um eine halbe Secunde verlängert. — Man schätzet die Stärke eines Magnets nach der Zahl, welche anzeigt, wie viel Mahl das von ihm getragene Gewicht sein eigenes absolutes Gewicht übertrifft. Nach diesem Maßstabe besitzen kleinere Magnete mehr Wirksamkeit als größere: nur einige Gran schwere Magnete tragen mehr als ihr 60faches Gewicht, größere, über zwey Pfund schwere,

selten mehr als ihr zehnfaches Gewicht. — Wenn das angehängte Gewicht bloß aus Eisen besteht, so trägt ein Magnet mehr, als wenn an ein mit dem Magnete in Verbindung stehendes Stück Eisen andere Substanzen, z. B. Messing u. dgl., zur Vermehrung des Gewichtes angehängt werden. Von einer eisernen Unterlage, z. B. von einem Amboß, hebt der Magnet ein schwereres Stück Eisen auf, als von einer Unterlage aus einem anderen nicht retractorischen Stoffe, z. B. von einem hölzernen Tische. — Man kann die anziehende Kraft eines Magnets gleichsam durch Uebung stärken, wenn man ihm allmählich immer mehr Gewicht anhängt; gibt man ihm keine Gelegenheit, seine Kraft auf Eisen thätig werden zu lassen, so verliert er sie endlich ganz. Auch die Richtung, in welcher der Magnet aufgehängt ist, trägt viel dazu bey, ihn zu stärken oder zu entkräften: wird er so aufbewahrt, daß sein Nordpol nach oben oder nach Norden steht, so gewinnt er an Kraft; in umgekehrter Richtung verliert er.

205. Das wirksamste Mittel, die anziehende Kraft des Magnets zu vermehren, ist seine Armirung oder Bewaffnung, welche darin besteht, daß man die Kräfte beyder Pole, die sonst nur einzeln und auf eine größere Fläche zerstreut wirken, in zwey Puncten concentrirt, an die man dasselbe Stück Eisen zugleich anbringen kann. Um einen natürlichen Magnet zu armiren, wird er an seinen beyden Polen (Fig. 48) S und N geebnet; an die geebneten Flächen werden dann zwey Eisenschienen a und b befestigt, die sich unten in etwas vorspringende, stärkere Füsse n und s endigen. Die ganze Kraft des Magnets ist nun in den zwey Füssen vereinigt, wovon der am Nordpole anliegende n selbst zum Nordpole, so wie der am Südpole anliegende s zum Südpole wird. Diese zwey Füsse läßt man auf ein Stück Eisen C, welches man den Anker nennet, wirken, an dessen Haken f man dann die weiteren Gewichte anhängt. Künstliche Magnete, wenn sie aus geraden Stäben bestehen (wie Fig. 49), werden manchmahl auf ähnliche Weise mit den Stücken c und d aus weichem Eisen armirt. Gewöhnlich gibt man ihnen aber die Form eines Hufeisens (Fig. 50), und bringt nun den Anker unmittelbar an den Nord- und Südpol N und S an.

Wie sehr das Armiren der Kraft des Magnetes nachhilft, mögen folgende Beyspiele lehren. Ein Magnet, der unarmirt 3 Gran trug, hob armirt 1032 Gran. Ein anderer zog unarmirt 1 Gran, armirt 764 Gran. Ein Pfund schwerer Magnet hob unarmirt 3 Unzen, armirt 60 Pfund. Der größte bekannte armirte Magnet im Teylerschen Museum wiegt sammt seiner Armatur 307 Pf. und trägt 230

Pfund. — Saussure hat zur Schätzung der relativen Stärke magnetischer Anziehungen ein eigenes Magnetometer vorgeschlagen: es besteht (Fig. 51) aus einer Pendelstange AB, die an ihrem unteren Ende B eine eiserne Kugel trägt, und über dem Aufhängepuncte A, um den sie äußerst beweglich ist, als dünner, aber steifer Draht um das Fünffache ihrer Länge in die Höhe steigt. Wirkt kein Magnet auf die eiserne Kugel, so stehet das Pendel senkrecht; bey Annäherung eines Magnetes weicht es aber von der senkrechten Linie ab, und wird zur Ruhe gebracht, indem es mit dieser einen Winkel macht. Dieser Winkel läßt sich an dem oberen Bogen CD, der viel größer als die Entfernung des B von C ist, leicht und genau bestimmen. Die magn. Anziehung verhält sich nun, unter übrigens gleichen Umständen, wie die an diesem oberen Bogen beschriebene Anzahl Grade. Dieses Instrument ist so empfindlich, daß man bey der Erwärmung des Magnets um 0,5° R. schon eine Abnahme seiner Kraft bemerkt. Nach Hauy und Barlow ist eine Magnetnadel, welche so zwischen die entgegengesetzten Pole zweyer anderen größeren Magnete gestellt wird, daß sie aus ihrer Direction gebracht, statt nach Norden und Süden, nun gerade nach Osten und Westen zeigt, ein noch empfindlicheres Magnetometer.

206. Zur Erklärung der Phänomene der magnet. Anziehung nahm Cartes in dem Magnete eine eigene feine, aus lauter kleinen Schräubchen bestehende Materie, in den retractorischen Körpern aber Schraubengänge an, und stellte sich vor, die Körper werden durch die Bewegung jener Materie in diesen Schraubengängen von einander oder an einander geschraubt. Euler nahm ebenfalls einen eigenen, feinen Magnetstoff an, der zu dem einen Pole des Magnets ein-, zu dem andern ausströme, und durch diese Bewegung gleichsam mechanische Anziehung, oder, wenn die Ströme sich in entgegengesetzter Richtung begegnen, wie dieß bey genäherten, gleichnahmigen Polen der Fall ist, Abstossung bewirke. In den neueren Zeiten hat man, wegen der großen Aehnlichkeit der magnetischen mit den elektr. Erscheinungen, jenen auch eine ähnliche Ursache zum Grunde gelegt und angenommen, es sey im Weltall eine eigene magnetische Flüssigkeit verbreitet, die aber nicht einfach, sondern aus zwey Bestandtheilen zusammengesetzt sey: diese zwey Bestandtheile der magnet. Materie hat man positive und negative, oder Nord- und Süd-Magneticität geheißen, und sie mit + M und — M bezeichnet. Die Theile jeder Art von Magneticität stossen sich unter einander ab; die Theile der einen ziehen

aber die Theile der andern mit großer Kraft an. Wenn + M und — M durch ihre gegenseitige Verbindung ganz neutralisirt sind, so bringen sie keine Wirkung hervor, weil jede ihre ganze Kraft zur Neutralisation der andern verwendet; wird aber die magnet. Materie in ihre Bestandtheile zerlegt, so wirkt jeder derselben auf den gleichnahmigen abstossend, auf den ungleichnahmigen anziehend: + M stößt also + M ab und zieht — M an; — M stößt — M ab und zieht + M an. Einen Körper magnetisiren heißt eigentlich dessen magnet. Materie zersetzen, worauf sich + M an dem einen, — M an dem andern Pole anhäuft. Deßwegen müssen sich zwey gleichnahmige Pole, in denen beyden + M oder — M angehäuft ist, abstossen; in zwey ungleichnahmigen Polen hingegen zieht die + M des einen die — M des andern an, wodurch eine Annäherung der Pole bewirkt wird. Zwischen den zwey Polen eines Magnets gibt es immer eine Stelle, wo die zwey entgegengesetzten Magneticitäten noch neutralisiret, und daher die magnetischen Bewegungen fast 0 sind. — Wenn der Pol eines Magnets auf einen andern Körper anziehend wirkt, so muß in diesem der entgegengesetzte magn. Zustand entweder schon vorhanden seyn, oder jener bringt ihn, so wie ein elektr. Körper, durch Vertheilung erst hervor. — Eisen, Kobalt, Nickel, überhaupt alle Körper, welche attractorisch gemacht werden können, unterscheiden sich von den übrigen Körpern in Bezug auf die magnet. Materie eben so, wie sich die Elektricitäts-Isolatoren (die idioelektrischen Körper) von den Elektricitätsleitern in Hinsicht auf die elektr. Materie unterscheiden: sie behalten nähmlich die durch die Trennung der beyden angenommenen magn. Materien hervorgerufenen entgegengesetzten magnet. Zustände, oder die sogenannte magn. Polarität, längere Zeit, da in den übrigen Körpern oder Magneticitätsleitern der Zustand der Neutralität nach jeder Störung fast augenblicklich wieder eintritt. — Außer der Analogie mit der elektr. Theorie hat diese Hypothese nichts für sich, als daß wir bisher noch keine bessere besitzen. — Aepinus erkläret die magnet. Anziehung und Abstossung, so wie Franklin die elektrische, durch die Annahme einer einfachen magnet. Materie, deren Theile sich unter einander abstossen, von allen übrigen Substanzen aber angezogen werden. Uebrigens hat sich die Existenz einer magnet. Materie von einer oder der andern Art bisher noch durch keinen Eindruck auf irgend einen unserer Sinne geoffenbaret, und

es ist also eine wie die andere für eine reine Verstandesgeburt anzusehen.

Bey der Betrachtung der magnet. Anziehung und Abstossung muß man vorzüglich die Ansicht unverrückt festhalten, daß eigentlich nur die ungleichnahmigen Pole zweyer Magnete sich wechselseitig anziehen, so wie sich nur die gleichnahmigen Pole abstossen; daß also ein Magnet, jeden Körper, den er anzieht, vorher selbst magnetisch machen, d. h. dem nächsten Ende desselben die ungleichnahmige, dem entfernteren die gleichnahmige Magneticität ertheilen müsse: so wie ein elektr. Körper einen Isolator oder einen isol. Leiter durch Vertheilung an dem ihm zugewendeten Ende in den entgegengesetzten, an dem entfernteren in den gleichnahmigen elektr. Zustand versetzt. Man wird sich daraus erklären können, warum der Magnet weiches Eisen leichter anzieht und fester hält als hartes Eisen oder Stahl: weil sich nähmlich weiches Eisen am leichtesten durch Vertheilung magnetisch machen läßt. Wenn ein Magnet unter Eisenspänen auf einem Tische liegt, und man einige Mahle auf den Tisch schlägt, so ordnen sich die Eisenspäne um den Magnet in gebogenen, gegen die Pole convergirenden Strahlen beyläufig so, wie es Fig. 52 zeigt: jedes Eisenspänchen wird zu einem kleinen Magnete, welches wieder ein anderes Eisenspänchen anzieht und magnetisch macht; weil aber die vom Magnete abgewendeten Enden zweyer Eisenspänchen in zwey benachbarten Strahlen gleichnahmige Polarität besitzen, so müssen sich diese gegenseitig abstossen, und daher müssen die Strahlen von jedem Pole aus divergiren. Aus demselben Grunde geschieht es, daß die gleichnahmigen Pole zweyer Magnete von sehr ungleicher Stärke sich manches Mahl nicht abstossen, sondern sich gegen einander entweder ganz unwirksam verhalten, oder auch wechselseitig anziehen: der stärkere Magnet vernichtet hier mittelst der durch Vertheilung hervorgebrachten entgegengesetzten Magneticität die des schwächeren Magnetes, oder er kehrt dessen Pole gar um. Ob die nicht retractorischen Substanzen gar keine magnetische Materie besitzen, oder ob die zwey in denselben neutralisirten magn. Materien bloß durch kein Mittel getrennt, und in diesem getrennten Zustande an entgegengesetzten Puncten angehäuft werden können, läßt sich bey dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse um so schwerer entscheiden, da es nicht einmahl ausgemacht ist, ob die magn. Erscheinungen nicht elektr. Ursprungs sind, und andererseits wieder nicht, ob die magnet. Materie in einem Körper, z. B. im Stahle, mit jener in einem anderen Körper, z. B. im Nickel, ganz identisch ist. Bey der Annahme einer +M. und —M. hat man angefangen, die Kraft, welche sich der Trennung derselben, wenn sie neutralisirt sind, und ihrer Wiedervereinigung, wenn sie einmahl getrennt sind, widersetzt, Coercitivkraft.

zu nennen: Stahl besitzet also eine größere Coercitivkraft als weiches Eisen (Poisson in Gilb. A. 77, 308).

b) Direction des Magnetes.

207. Wenn man einen Magnet in eine Lage bringt, daß er sich um seinen Mittelpunct, wie um eine senkrechte Achse, in einer Horizontal-Ebene frey herumdrehen kann, z. B. wenn man ihn frey auf Wasser oder Quecksilber schwimmen macht, wenn man denselben in seinem Schwerpuncte an einem umgedrehten Faden frey aufhängt, oder in demselben Puncte mit einer feinen senkrechten Spitze unterstützt, so wird man finden, daß er, sich selbst überlassen und entfernt von Eisen oder einem andern Magnete, immer eine gewisse Richtung annimmt, in welcher allein er ruhen kann, und welche er stets wieder sucht, wenn er durch äußere Gewalt davon abgebracht worden ist. Den einen seiner Pole, und zwar immer den nähmlichen, kehrt er in dieser selbst gesuchten Lage dem Nordpole unserer Erde, den andern ihrem Südpole zu; daher hat auch jener selbst den Nahmen des Nordpols (d. h. des nach dem Nordpole der Erde gerichteten Magnetpoles), dieser den des Südpols bekommen (§. 201). Die gerade Linie zwischen den beyden Polen heißt die Achse des Magnets, und wenn man sich dieselbe verlängert denkt, der magnetische Meridian. Dieser fällt jedoch mit dem Erd-Meridiane an den wenigsten Orten genau zusammen, oder der Nordpol des Magnets zeigt nicht genau nach dem Nordpole der Erde, und der Südpol des ersteren nicht genau nach dem Südpole der letzteren; sondern der Magnet weicht etwas von dieser Richtung ab, und sein Meridian macht also mit dem Meridiane des Ortes auf der Erde, wo sich der Magnet befindet, einen Winkel. Die Eigenschaft des Magnets, seine Achse stets in den magn. Meridian zu versetzen, nennet man seine Polarität im engeren Sinne, und die Erscheinung selbst die Richtung oder Direction des Magnets. Eine die Achse des Magnets oder den magn. Meridian in der Mitte und in einer Horizontal-Ebene senkrecht durchschneidende Linie heißt der magnetische Aequator. Die Entfernung der Pole des Magnets in ihrer Richtung von den Erdpolen heißt seine Abweichung oder Declination, und der Winkel, welchen der magn. Meridian mit dem Meridiane des Ortes macht, wo sich der Magnet befindet, heißt der Abweichungs- oder Declinations-Winkel. Eine zur genauen Beobachtung der Decli-

nation bequeme magnetische Vorrichtung heißt ein Declinatorium, eine Declinations- oder Abweichungs-Nadel; eine solche Vorrichtung versteht man immer unter dem Ausdrucke Magnetnadel ohne Zusatz. — Die Kräfte, welche den Magnet wieder in seine Lage versetzen, wenn er durch äußere Gewalt aus dem magnetischen Meridiane gebracht worden ist, wirken immer aus einer mit dem magnetischen Meridiane parallelen Richtung, welchen Winkel er auch mit diesem mache: je größer dieser Winkel ist, desto geringer ist der Theil der magnet. Kraft, welche den Magnet wieder in die Lage der Ruhe zurückzieht. Die schwingende Bewegung, in welche er dabey (in der Declinations-Ebene) kommt, und welche mit der Pendelbewegung ganz übereinstimmt, indem die Schwere nur durch die magnet. Anziehung ersetzt wird, heißt man das Traversiren desselben: die Schwingungen geschehen um so schneller, durch je größere Grade von Magneticität sie hervorgebracht werden; so wie die Pendel um so schneller schwingen, je größere Grade der Schwerkraft darauf wirken (§. 55). Die Geschwindigkeit der Schwingungen eines traversirenden Magnets kann man eben so zur Messung der magnet. Kraft an verschiedenen Orten anwenden, wie man mittelst Pendelschwingungen die Grade der Schwere zu messen pflegt (§. 55). Nach Gay-Lussac's im Luftballon 3532 Toisen (3629 W. Klafter) über der Meeresfläche angestellten Versuchen, nimmt die magnet. Kraft in dieser Entfernung von der Oberfläche der Erde noch nicht bemerkbar ab. Nach Humboldt's Beobachtungen ist diese Kraft an dem Aequator am schwächsten, und wird von da gegen die Pole zu immer stärker. Die magnetische Anziehung am Aequator verhält sich zu jener in Paris wie 100:135; und nach Parry verhält sich die magn. Anziehung in London, zu jener unter 74°47. n. B. wie 1000:1333. Nach Hansteen findet eine tägliche und eine jährliche Variation in der Stärke der magnetischen Kraft Statt: Vormittags zwischen 10 und 11 Uhr fällt das Minimum, Nachmittags zwischen 4 und 5 Uhr das Maximum der magnet. Kraft; im Winter, in der Sonnennähe, ist sie stärker als im Sommer.

Unter Meridian oder Mittagslinie eines Ortes versteht man jene halbe Kreislinie, die man sich von einem Pole durch den Ort selbst zum andern Pole der Erde gezogen denkt. Es seyen (Fig. 53) N der Nordpol, S der Südpol der Erde, so stellt die Linie NS einen Meridian, LL den Aequator vor, ab sey die Richtung des Magnets; so ist AB der magnet. Meridian, CC der magnet. Aequator, BbN der

Abweichungswinkel, NB die westliche Abweichung. — Die Eigenschaft des Magnets, seine beyden Pole immer nach jenen der Erde zu richten, ist für die Erdbewohner von sehr großem Nutzen geworden, indem sie dadurch in den Stand gesetzt wurden, auf dem unübersehbaren Weltmeere, wo mit seinen Gränzen jeder andere Orientirungspunct verschwindet, doch nach einer bestimmten Richtung zu steuern, in Afrika's ungeheuren Sandwüsten, in des Nordens Schneefeldern die Richtung des Weges nicht ganz zu verfehlen, oder auch im Bergbaue bey Anlegung von Stollen dieselben genau nach einem vorgezeichneten Plane fortzuführen. — Zu diesen Zwecken bedient man sich gewöhnlich der sogenannten Magnetnadel oder des Compasses (Schiffer- oder See-Compasses), das heißt eines dünnen, wenige Zoll langen, magnetisirten Stahlblättchens, zum Beyspiel eines Stückchens von einer schmalen Uhrfeder, mit bezeichnetem Nordpole, welches mittelst eines etwas über dem Schwerpuncte angebrachten, vertieften, harten Steines, des sogenannten Achathütchens, auf einer feinen glatten Spitze (Gnomon) ruht, und um diese in einer Horizontal-Ebene frey beweglich ist. Der spitzige Stift, welcher den Magnet trägt, ist in der Mitte einer am Boden gezeichneten Windrose befestigt, und die ganze Vorrichtung in einer mit Glas geschlossenen Büchse verwahrt. Nach Kater ist das beste Material zu einer Magnetnadel der Uhrfederstahl; die beste Form ein durchbrochener Rhombus von 5 Zoll Länge und 2 Zoll Weite. Diese Nadel wird rothglühend gehärtet, dann in der Mitte bis 1 Zoll vom Ende wieder angelassen, und zwar bey einer Hitze, bey der die blaue Farbe zu verschwinden anfängt. Das Poliren hat keinen Einfluß auf die Güte der Nadel. Magnetisirt wird dieselbe auf die (§. 213) zu beschreibende Art. Nach der für den speciellen Gebrauch modificirten Einrichtung unterscheidet man den See- oder Schiffs-Compaß, den Ingenieur-Feldmesser- oder Militär-Compaß und den Bergmanns- oder Markscheider-Compaß. Daß der Compaß nur außer dem Kreise der störenden Einwirkung von Eisen- oder Magnetmassen sich in die magnetische Linie richten kann, braucht kaum erwähnt zu werden. Am schwierigsten ist auf Schiffen diese Bedingung zu erfüllen; daher ist Barlow's Mittel (Gilb. Ann. 73, 124, 79, 431. Schweigg. J. 42, 18 und 484), die störende Einwirkung der Eisenmassen auf den Schiffen, welche vorzüglich in hohen geographischen Breiten beträchtlich ist, beynahe aufzuheben, von Wichtigkeit. Ein Compaß der aus zwey wagrechten, in der Mitte ihrer Achsen rechtwinklich verbundenen Magnetnadeln bestehet, soll solchen störenden Einflüssen weniger unterworfen seyn. — Auf der Beschleunigung der Schwingungen eines traversirenden Magnets mit der Zunahme der darauf wirkenden magnet. Kräfte beruht die Einrichtung von Hansteen's Magnetometer, welches er in Gilb. A. 68, 265, und 79,

228 beschreibt. Es besteht aus einer an einem einfachen Coconseidenfaden hängenden Magnetnadel, die in ein mit Glasfenstern versehenes messingenes Kästchen eingeschlossen ist. Hansteen beobachtete mittelst dieses Instrumentes die Zeit, welche zu 300 Schwingungen der Magnetnadel erforderlich war, und setzte die Stärke der magnet. Anziehung dem Quadrate dieser Zeiten verkehrt proportional. Da die Geschwindigkeit der Schwingungen nicht allein von der Stärke des Magnetismus der Erde, sondern auch von jener der Magnetnadel abhängt; so sind die Aussagen des eben beschriebenen Magnetometers nur dann vergleichbar, wenn man von dem gleichen Grade der Magnetisirung der Magnetnadel in allen damit angestellten Versuchen überzeugt ist. Weil die Stärke der Magneticität einer Magnetnadel von der T. abhängig ist (§. 204), und weil sie mit der Zeit von selbst, d. h. aus unbekannten Ursachen abnimmt, so muß bey dem Gebrauche dieses Magnetometers die Temperatur berücksichtigt, und bey Versuchen nach langen Zwischenzeiten nicht unterlassen werden, die Magnetnadel vorher auf die Stärke ihrer Magneticität zu prüfen. Mittel zu dem letzten Zwecke haben Poisson und Arago vorgeschlagen (*Annal. de chim. et phys.* 30, 257). Die höchst wichtige Erfindung des See-Compasses, welche in den Anfang des dreyzehnten Jahrhunderts nach Chr. G. fällt, schreiben einige dem Neapolitaner Flavius Gioja zu; Andere dem Venediger Markus Polo, der sie wieder von den Chinesen (die ihn schon 1100 Jahre vor Chr. G. gekannt haben sollen) entlehnt haben mag. — Die Magnetnadeln aus reinem Kobalt und Nickel (auch Legirungen von Platin oder Gold mit Nickel sollen, nach Lampadius, dazu tauglich seyn) haben den Vorzug, daß sie nicht so leicht rosten. Einen Compaß aus Kobalt hat Wenzel, einen aus Nickel Herr v. Widmannstätten verfertigt.

208. Der Gebrauch des Compasses wäre noch viel bequemer und das Instrument viel zuverlässiger, wenn der magnet. Meridian mit dem geographischen genau zusammenfiele, oder wenn die magnet. Abweichung oder Declination immer und überall dieselbe bliebe, oder sich wenigstens an gewisse Gesetze bände. So ist es aber leider nicht; denn die Abweichung ist nicht nur an verschiedenen Orten höchst verschieden, sondern sie ändert sich auch an demselben Orte von Zeit zu Zeit sehr beträchtlich. An einigen Orten weicht der nach Norden gerichtete Pol der Magnetnadel nach Osten, an andern nach Westen ab; daher unterscheidet man auch östliche und westliche Abweichung. Nur an sehr wenigen Orten, die aber auch zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden sind, bemerkt man gar keine Abweichung. In London wich im Jahre 1657 die Magnetnadel gar nicht ab; vor die-

ser Zeit war die Abweichung (des nach Norden gerichteten Poles) östlich, seit diesem Jahre aber ist sie, so wie gegenwärtig in ganz Deutschland, westlich. In Wien war die Declination bis 1815 durch vier Jahre constant 15 Grade 8 Minuten westlich; am Schluße des Jahres 1820 war sie nur 15 Grad 1 Minute. Auch nach Arago nimmt die westliche Abweichung nun wieder von Jahr zu Jahr ab: vom November 1828 bis November 1829 verminderte sie sich um 2½ Minute. Am 3. October 1829 war sie im Garten des Pariser Observatoriums 22° 12′ 5″. Die Abweichung der Magnetnadel verändert sich auch mit den verschiedenen Zeiten des Jahres und des Tages. Die größte westliche Abweichung hat zur Zeit der Herbstnachtgleiche, und die größte Annäherung zur Zeit der Frühlingsnachtgleiche Statt; die Differenz zwischen beyden steigt bis auf 20 Minuten. Um 8 Uhr Morgens ist die Abweichung am geringsten, um 2 Uhr Nachmittags am größten. Den Ausbrüchen von Vulkanen, den Erdbeben und Nordlichtern gehen meistens unruhige Bewegungen der Magnetnadel voraus. In einigen Gebirgsgegenden gibt es auch ganz örtliche, auf einen kleinen Umkreis beschränkte Unregelmäßigkeiten in der Richtung der Magnetnadel.

Man hat für die Seefahrer sehr nützliche Tabellen und Karten verfertigt, welche die nach Beobachtungen bestimmten Abweichungen in verschiedenen Gegenden angeben. Diese Karten müssen aber von Zeit zu Zeit berichtigt werden, so wie sich mit dieser die Abweichung an demselben Orte ändert (§. 209*). Zur genauen Bestimmung der Abweichung hat man einen eigenen, mit Dioptern versehenen oder so genannten Azimuthal-Compaß.

209. Wenn man einen nichtmagnetischen Stahlstab in seinem Schwerpuncte so aufhängt, daß er eine ganz wagrechte, dem magn. Meridiane parallele Stellung hat, aber sich in der Ebene des magn. Meridians senkrecht frey um seinen Aufhängepunct (oder um eine horizontale Achse) drehen kann; so wird er die horizontale Richtung verlassen, so bald er magnetisirt worden ist, und in der nördlichen Erdhalbkugel mit dem Nordpole, in der südlichen mit dem Südpole eine unter den Horizont geneigte Stellung annehmen; so daß man am entgegengesetzten Pole ein kleines Gewicht anbringen muß, um die horizontale Lage wieder herzustellen. Die Abweichung der Magnetstäbe oder Magnetnadeln von der horizontalen Stellung nennet man ihre Neigung oder Inclination; den Winkel, welchen diese

Linie mit dem Horizonte macht, und welcher mit den Graden der geographischen Breite im Verhältnisse stehet, den Neigungswinkel. Wenn ein Körper in der Ebene des magnet. Meridians (in der sogenannten Inclinations-Ebene) unter denselben Winkel, den der Magnet mit dem Horizonte macht, geneiget wird, so sagt man, er befinde sich in der magnetischen Linie. Diese Inclination zeigt sich an jeder gewöhnlichen Magnetnadel, an deren südlichem Theile man daher gewöhnlich einen kleinen Ring von Messing anbringt, um durch dessen Hin- und Herschieben die Nadel horizontal zu stellen. Magnetnadeln, die so eingerichtet sind, daß man damit genau die mit mancherley Schwierigkeiten verbundenen Beobachtungen über die magnet. Inclination oder über die Bewegung der im magnet. Meridiane stehenden Magnetnadel in der Inclinations-Ebene anstellen kann, heißt man Neigungs-Compasse oder magnetische Inclinatorien.

J. F. Mayer, Beschreibung eines neuen Inclinations-Compasses und der sichersten Art die magnet. Neigung genau zu bestimmen. In Gilb. A. 48, 229 und 63, 1. — Edward Sabine's Versuche zur genauen Bestimmung der magnet. Neigung u. s. w. Gilb. A. 76, 1. — Hansteen in Gilb. A. 80, 277. Nach La Place's Methode wird die Inclination an einem Orte gefunden, wenn man an der Inclinationsnadel die Zeit beobachtet, die sie zur Vollbringung einer gewissen Zahl Schwingungen zuerst in der Ebene des magnet. Meridians, und darauf in einer auf diesen Meridian senkrechten Ebene braucht: das Quadrat der ersten Schwingungszahl M^2 verhält sich zu dem Quadrate der zweyten Schwingungszahl m^2 wie 1 zum Sinus des Inclinationswinkels; also $\text{Sin. Incl.} = \frac{M^2}{m^2}$. Nach Capitän Sabine ist es für geogr. Breiten über 65° noch besser, die Inclinationsnadel, nachdem man die Zahl ihrer Schwingungen für eine gewisse Zeit in der Inclinations-Ebene beobachtet hat, an einem einfachen Seidenfaden ganz horizontal so aufzuhängen, daß sie nur horizontal schwingen kann: die Quadrate der Schwingungszahlen in beyden Lagen (M^2 und H^2) verhalten sich zu einander, wie der Cosinus des Inclinationswinkels zu 1: also $\text{cosin. Inclin.} \frac{M^2}{H^2}$. Eine Magnetnadel, die eine solche Lage hat, daß sie nur um eine mit der magnet. Linie paralelle Achse, folglich nur in einer auf die magnet. Linie senkrechten Ebene beweglich ist, heißt astatisch; denn da die magnet. Kräfte der Erde mit der magnet. Linie parallel wirken, so können sie bloß die Achse einer solchen Magnetnadel anziehen; die Anziehung und Abstossung auf die beyden Pole derselben hebt sich wechselseitig auf, und eine solche Magnetnadel ist also in ihrer Bewegung dem

Einflusse des Erdmagnetismus ganz entzogen. Beschreibungen und Abbildungen astatischer Magnetnadeln findet man von Ampere in Gilb. A. 67, 140, und von Schmidt in Gilb. A. 70, 213. — Die Inclination ist an verschiedenen Puncten der Erde eben so verschieden, als die Declination. In einigen Gegenden, nahe am Aequator, verschwindet die Neigung fast, ist also = 0, und die Inclinations-Nadel steht dort fast horizontal; gegen die Pole hingegen nimmt die Neigung zu, und beträgt, nach Parry, unter 74° 47′ nördlicher Breite 88° 43′. Auf der nördlichen Halbkugel der Erde neigt sich der Nordpol, auf der südlichen Halbkugel der Südpol des Magnets unter den Horizont. In hohen geographischen Breiten, das heißt, nahe an dem Nord- oder Südpole der Erde, ist die Neigung der Magnetnadel so stark, und jener Theil der magnetischen Kraft, welcher auf diese Neigung verwendet wird, so beträchtlich, daß der horizontal wirkende Theil der magnetischen Kraft, welcher die Magnetnadel in der Abweichungsebene zu richten sucht, beynahe verschwindet, und hiermit auch der Compaß für die Seefahrer seine Brauchbarkeit verlieret, wie die letzten Nordpol-Expeditionen gelehret haben. Verbindet man die Puncte nahe am geographischen Aequator, wo die Magnetnadel gar keine Neigung hat, also ganz horizontal steht, so erhält man eine krumme Linie, die vom geographischen Aequator nirgends über 15° abweicht, ihn mehrmahls schneidet, auch nicht mit dem Declinations-Aequator zusammenfällt, und welche man den Inclinations-Aequator heißt. Auch an demselben Orte ist die Inclination zu verschiedenen Zeiten verschieden, jedoch in dieser Hinsicht nicht so veränderlich als die Declination. In Wien beträgt die Inclination zwischen 69 und 70°; folglich macht hier eine auf der Neigungslinie senkrecht stehende Ebene mit dem Horizonte nur einen sehr spitzigen Winkel von 20 bis 21°. In Paris war nach Humboldt die Inclination im Jahre 1798 69° 51′; 1810 im October 68° 50′; 1825 im August 68°; 1829 am 1. Juny 67° 41′ 3″; also ist hier auch die Inclination fortwährend im Abnehmen (Tafel über die Inclination und ganze Intensität der erdmagnetischen Kraft nach den neuesten Beobachtungen: Gilb. A. 90, 376).

210. Die Erscheinungen der magnet. Direction lassen sich ziemlich genügend erklären, wenn man den Erdball selbst als einen großen, mit Polarität begabten Magnet betrachtet, dessen Nordpol den Südpol, und dessen Südpol den Nordpol der kleineren auf ihm befindlichen Magnete anzieht: daher müssen sich die kleineren Magnete immer so richten, daß sie ihre Pole den entgegengesetzten magnet. Polen des Erdballs zukehren. Aus dieser Ursache begreift man auch die nach dieser Annahme erklärten Erscheinungen unter dem Ausdrucke des Magnetismus der Erde, oder des tellurischen Mag-

netismus. Daraus folgt auch, daß, wenn wir dem Nordpole der Erde seinen Nahmen lassen, das dorthin gerichtete Ende des Compasses eigentlich dessen Südpol sey, wie ihn auch die Franzosen zu nennen anfangen; jedoch ist es, um Sprachverwirrung zu vermeiden, gewiß besser bey den alten Benennungen zu bleiben, und ohne Rücksicht auf die Ursache der Erscheinung unter Nordpol der Magnetnadel ihr nach dem Nordpole der Erde gerichtetes Ende, und unter Südpol der Magnetnadel ihr nach dem Südpole der Erde gekehrtes Ende zu verstehen. Die Abweichung der Magnetnadel entsteht daher, weil die magnet. Pole der Erde mit ihren geographischen nicht zusammentreffen, sondern von einander entfernt sind: dort, wohin die Magnetnadeln mit ihren Polen zeigen, liegen die magnet. Pole der Erde. Sind also die astronomischen Erdpole (Fig. 53) in N S, so sind die magnetischen in A und B. — Wenn man um eine magnet. Kugel (Fig. 53), deren Pole in A und B liegen, eine kleine in ihrem Schwerpuncte, und also entfernt vom Magnete, ganz horizontal hängende Magnetnadel führt; so wird sie über dem magnet. Aequator in C und C ganz horizontal ihre Pole s und n den ungleichnahmigen der Magnetkugel zuwenden; so wie man sie aber näher zu einem oder dem andern Pole bringt, wird sich ihr ungleichnahmiger Pol immer mehr herabneigen, wie z. B. in N und S, so daß sie endlich am magnet. Pole der Kugel selbst ganz senkrecht darauf stehen wird. Man stelle sich nun die magnet. Kugel vergrößert als den Erdball vor, um sich leicht die Inclination der Magnetnadel erklären zu können. — Weder die Schwere noch das Gewicht einer Stahlstange wird durch das Magnetisiren verändert.

Die letzten zwey Nordpol-Expeditionen der Engländer haben das vorausgesetzte Verhalten der Magnetnadel nächst dem Pole vollkommen bestätiget. — Die Veränderungen in der Declination und Inclination der Magnetnadel scheinen daher zu kommen, weil die magnet. Achse des Erdballs (vielleicht durch Einwirkung des Magnetismus eines Gestirn-Systems höherer Ordnung) sich verändert. Die jährlichen und täglichen Veränderungen schreiben einige Naturforscher dem Einfluße des Temperaturenwechsels zu, und führen als Bestätigung ihrer Behauptung den Umstand an, daß innerhalb der Wendekreise diese Veränderungen beynahe unmerklich klein sind. Locale Unregelmäßigkeiten kommen von der Nähe größerer Magnete, z. B. magnet. Felsen u. dgl. Die eingeführte Benennung der Pole einer Magnetnadel ist, dem Geiste der deutschen Sprache zu Folge, nicht unrichtig; wohl aber würden die

Ausdrücke nördlicher und südlicher Pol der Magnetnadel falsche Begriffe bezeichnen. — Wenn man dem Nordpole einer Magnetnadel den Nordpol eines anderen künstlichen Magnetes so weit nähert, daß die Magnetnadel eben auf dem Puncte ist, sich aus der magnet. Linie zu entfernen, daß folglich der Einfluß des Erdmagnetismus auf dieselbe ganz aufgehoben ist, so nennet man sie neutralisirt: eine neutralisirte Magnetnadel ist dann für jede Art von Magneticität äußerst empfindlich, indem sie durch die Annäherung eines auch noch so schwach magnetischen Körpers aus ihrer Lage gebracht wird. Eine solche neutralisirte Magnetnadel erhält man auch, wenn man zwey gleich starke Magnetnadeln so übereinander legt, daß die ungleichnahmigen Pole sich berühren, oder indem man sie an einer gemeinschaftlichen verticalen Achse so befestigt, daß ihre gleichnahmigen Pole eine entgegengesetzte Richtung haben: die letzteren kommen in ihrer Wirkungsweise mit der oben (§. 209*) beschriebenen astatischen Magnetnadel überein. — Man darf sich ja nicht einbilden, durch die glückliche Hypothese, die Erde als einen großen Magnet anzusehen, den Magnetismus selbst völlig ergründet zu haben, da man das Problem nur etwas weiter geschoben hat; denn es bleibt immer noch die Beantwortung der Frage übrig, woher der Magnetismus der Erde komme. Auch muß man sich vor dem Dünkel hüthen, durch die bloße Annahme von Polarität, womit viele unserer heutigen Naturforscher die tiefsten Geheimnisse der Natur aufzudecken meinen, schon etwas erkläret zu haben. Darüber weiter unten beym Elektromagnetismus etwas mehr. — Einige Physiker halten nicht die ganze Erde für magnetisch, sondern nehmen nur in ihrem Inneren einen großen Magnet verborgen an. — Um die Verschiedenheit der Declination an verschiedenen Orten zu erklären, geben Andere (Halley, Schweigger, Hansteen) der Erde vier magnetische Pole, halten sie also für einen zusammengesetzten Magnet (S. Hansteen über die vier magnetischen Pole der Erde, Perioden ihrer Bewegung, Magnetismus der Himmelskörper und Nordlichter. Eine lesenswerthe Abhandl. in Schweigg. J. 7, 79. — Hansteen's Untersuchungen über den Magnetismus der Erde u. s. w. 4. Christiania 1819. — Humboldt und Biot über die Variationen des Magnetismus der Erde u. s. w. Gilb. A. 20, 257. — P. Barlow über die magnet. Anziehung und über die tägliche Variation der Abweichungs- und Neigungsnadel, in Gilb. A. 73, 1, und 77, 329. — S. H. Christie über die magnet. Anziehung, in Gilb. A. 73, 42. — E. Sabine Versuche zur Bestimmung der Intensitäten des Erdmagnetismus und der täglichen Oscillationen der horizontalen Magnetnadel, in Gilb. A. 82, 88. — Hansteen über die Intensität des Magnetismus im nördlichen Europa, in Gilb. A. 79, 225 und 353. — Isodynamische Linien der ganzen magnet. Kraft, Gilb. A. 85, 49).

c) Mittheilung der Magneticität.

211. Nach §. 206 wird jeder vom Magnete angezogene Körper vorher selbst in den magnet. Zustand versetzt, so wie jeder Nichtleiter oder isolirter Leiter durch die Nähe eines elektr. Körpers selbst elektrisch wird. Der magnetische Zustand verschwindet jedoch meistens sogleich, als die angezogene Substanz aus der Sphäre der vertheilenden Wirksamkeit des Magnetes entfernt wird; eben so wie ein durch Vertheilung elektr. Körper dieses zu seyn aufhöret, wenn er ohne vorherige Berührung mit einem Leiter aus der elektr. Atmosphäre tritt (§. 160). Es gibt aber auch Mittel, die durch die Einwirkung eines Magnets hervorgebrachte Magneticität bleibend zu machen, und die Erfahrung hat hierin gelehret, daß jene von den der attractorischen Eigenschaft überhaupt fähigen Substanzen, welche die Magneticität am schwierigsten annehmen, die einmahl erlangte am längsten festhalten, also Stahl länger als Eisen, und hartes Eisen länger als weiches. Eisen oder Stahl magnetisiren oder ihnen bleibende Magneticität ertheilen, oder künstliche Magnete verfertigen, sind Ausdrücke von gleicher Bedeutung.

212. Man magnetisirt Körper, wenn man sie entweder unter günstigen Umständen der Einwirkung des Magnetismus des Erdballs aussetzet, oder indem man andere, kleine, natürliche oder künstliche Magnete auf sie einwirken läßt. — Jede weiche Eisenstange, die sich in der magnet. Linie (§. 209) befindet, wird magnetisch, ihr unteres Ende stößt (bey uns auf der nördlichen Halbkugel der Erde) den nach Norden zeigenden Pol einer Magnetnadel ab, und zieht deren Südpol an; ihr oberes Ende wirkt auf die entgegengesetzte Weise auf die Pole des Compasses; beyde Enden ziehen unparteyisches Eisen, z. B. Nadeln, Feilspäne und dergleichen an: die Stange hat folglich Polarität erhalten, ihr unteres Ende ist zum Nordpole, ihr oberes ist zum Südpole geworden, oder jenes hat + M., dieses — M. gewonnen. Kehrt man die Stange um, so sind die Pole auch fast augenblicklich verwechselt; indem der vorige Nordpol, so wie er in die Höhe kommt, zum Südpole, der vorige Südpol aber zum Nordpole wird. Hartem Eisen oder Stahle hat man auf diese Art noch keinen merklichen Grad von Magneticität mittheilen können. Es ist eben nicht nothwendig, daß die Stange ganz genau die Richtung der magnet. Linie halte; es ist schon genug, wenn sie bloß senkrecht steht, oder auch wagrecht im magnet. Meridiane hängt. Wenn sich Eisen

sehr lange in der magnet. Linie befindet, so hält die erlangte Magneticität längere Zeit an, nachdem es auch diese Richtung verlassen hat. Dasselbe geschieht, wenn die in der magnet. Linie stehende eiserne Stange mit einem Hammer geklopft, oder überhaupt in eine erschütternde (prallende, dröhnende) Bewegung versetzt wird, wie auch, wenn rothglühendes Eisen in der beschriebenen Richtung erkaltet, oder noch besser, in kaltem Wasser schnell abgelöscht wird. Mittelst durchgeleiteter elektr. Schläge oder durch den Blitz werden eiserne Stäbe ebenfalls magnetisch. Durch dergleichen Hülfsmittel erhält in der magnet. Linie selbst hartes Eisen oder Stahl einen gewissen Grad von bleibender Magneticität, die man dann mittelst der gleich zu beschreibenden Methode nach Belieben andern harten Eisen- oder Stahlstäben mittheilen, und sich also ohne Beyhülfe eines (kleinern) natürlichen Magnetes künstliche Magnete verfertigen kann.

Auf dieselbe Weise werden eiserne Gegenstände oft zufällig magnetisch, wie z. B. Stangen von Blitzableitern, von Kreuzen auf Thürmen; Brecheisen, Bohrer, eiserne Wagbalken u. dgl. m. Hansteen hat gefunden, daß alle senkrechte Körper, von welcher Materie sie auch immer seyen, z. B. gemauerte Thürme, hölzerne Balken oder Mastbäume u. dgl. m. magnetisch sind, und unten den Nordpol, oben aber den Südpol haben; daher sein Magnetometer schneller schwingt, wenn man es unten an der Nordseite des senkrechten Gegenstandes so stellet, daß ihm der Südpol der Magnetnadel zugekehrt ist, langsamer hingegen, wenn man es an der Südseite des nähmlichen Gegenstandes so stellet, daß ihm die Magnetnadel ihren Nordpol zukehret; und daher an dem oberen Ende des Gegenstandes der Erfolg gerade umgekehrt ist (Gilb. A. 68, 272). Diese Erscheinung gehört mit zu den Hauptbeweisen, daß die Erde wirklich ein Magnet ist, vorzüglich seitdem man die Erfahrung gemacht hat, daß auf der südlichen Erd-Hemisphäre senkrechte Eisenstangen unten den Südpol, und oben den Nordpol erhalten (Pönitz, über das Magnetischwerden des Eisens bey mechanischer Behandlung u. s. w. in Gilbert's A. 67, 319. — Scoresby über die Gesetze, nach welchen in dem Eisen Magnetismus erzeugt und zerstöret wird, in Gilb. A. 68, 260). Durch den Blitz werden die Pole von Magnetnadeln öfters umgekehrt (§. 195*), wenn er auch nicht durch die Nadeln selbst fährt, sondern z. B. nur in das Schiff schlägt, auf dem sie sich befinden. Wenn der Steuermann dieses nicht bemerkt, so kann das Schiff, wie mehrere traurige Erfahrungen lehren, in große Gefahr gerathen. — Morichini behauptet, durch die violeten Strahlen der Sonne Nadeln magnetisirt zu haben; andere Physiker haben aber bey Wiederhohlung der Versuche dieses Resultat nicht bestätigt gefun-

den. Dagegen gelingt, nach der Lady Sommerville's neuesten Versuchen, die Magnetisirung einer Stahlnadel durch die violeten Sonnenstrahlen immer, wenn man die ganze Nadel, bis auf das von dem violeten Lichte zu bestrahlende Ende, mit undurchsichtigen Substanzen bedeckt hält (Schweigger's J. 46, 252. Baumgartner's Zeitschrift 1, 63. — Gilb. A. 85, 510). Barlow hat bemerket, daß eine neutralisirte Magnetnadel zur Abweichung, ja in eine rotirende Bewegung gebracht wurde, wenn man einem ihrer Pole das Ende eines ziemlich langen und starken Kupfer-Cylinders näherte. — Merkwürdig sind die neuesten Versuche Arago's und Barlow's, daß durch Rotation (Achsendrehung) nicht nur an Eisen und Stahl, sondern in geringerem Grade auch an Kupfer, und in noch geringeren ungleichen Graden auch an den übrigen Metallen, und an Elektricitätsleitern überhaut (mit Ausschluße der Elektricitätsisolatoren) Magneticität entwickelt wird. Wenn nähmlich eine wagrechte Kupferscheibe auf einer Drehbank schnell um ihre Achse gedreht wird, so folgt ihr eine wagrecht über der Scheibe aufgehängte Magnetnadel, die sich, zur Vermeidung des Einflußes der Luftströmung, unter einer Glasglocke befindet, deren Basis mit Papier überspannt ist. Die Bewegung der Magnetnadel ist um so rascher, eine je größere Maße und eine je schnellere Bewegung die Kupferscheibe hat. Ist die letztere sternförmig ausgeschnitten, oder auch nur von der Peripherie gegen den Mittelpunct zu aufgeschlitzt, so wird ihre Einwirkung auf den Magnet sehr geschwächt, durch Ausfüllen der Ausschnitte mit einem andern Metalle, so wie durch Zusammenlöthen der Schlitze aber wieder hergestellt. Dieselbe Wirkung wird von einer Eisenscheibe in einem höheren, von einer Zinkscheibe ein einem schwächeren Grade hervorgebracht: auf ähnliche Weise verhalten sich Silber, Zinn, Bley, Antimon, Quecksilber, Gold, Wismuth, Kohle; ganz ohne Wirkung bleiben Säuren, Harze, Glas, überhaupt alle Isolatoren oder auch nur unvollkommene Leiter für die E. Wird über die rotirende Metallscheibe (selbst wenn diese aus Eisen ist) statt des Magnetes eine andere Kupferscheibe gehängt, so bleibt diese ruhig; befestigt man aber auf die rotirende Metallscheibe einen Magnet in der Richtung eines Durchmessers, oder bringt man unter der aufgehängten Kupferscheibe einen mit seinen Polen aufwärts gekehrten Hufeisen-Magnet zum schnellen Rotiren, so folgt jene Kupferscheibe wieder der Bewegung, und drehet sich selbst um die Achse. Wird statt des Papiers ein Eisenblech zwischen die rotirende Metallscheibe und den Magnet gebracht, so höret sogleich alle Einwirkung auf. Mit der Bewegung verschwindet sogleich jede Spur von Magneticität nicht allein in den Scheiben der sogenannten unmagnet. Metalle, sondern auch in jenen des Eisens. Diese Versuche berechtigen zu der Vermuthung, daß sich wichtige Beziehungen zwischen der Achsendrehung der Himmelskörper und ihrer Magneticität werden finden lassen (Schweigger's

J. 46, 167. — Babbage über elektr. und magnet. Drehungen, in Schweigg. J. 49, 412. — Baumgartner in der Zeitschrift für Physik u. s. w. 1, 129).

213. Mittelst eines schon fertigen Magnetes, es sey ein natürlicher oder künstlicher, macht man 8 Zoll lange, ½ Zoll breite, ⅛ Zoll dicke Stäbe von gehärtetem Stahle durch Bestreichen magnetisch, und zwar entweder durch den einfachen Strich, oder durch den Doppelstrich. Beym einfachen Striche setzet man den Nordpol des Magnets in der Mitte des Stabes auf, und fährt damit bis zu dem einen Ende desselben, nimmt hier den Magnet ab, kehrt entfernt vom Stahlstabe in einem Bogen zurück, setzt den Nordpol wieder in der Mitte auf, führt ihn gegen dasselbe Ende, und streicht auf die nähmliche Art 10 bis 20 Mahl. Das bestrichene Ende des Stabes wird den Südpol, das nicht bestrichene den Nordpol zeigen, die man dadurch verstärken kann, daß man nun eben so mit dem Südpole des Magnets die andere Hälfte des Stabes bestreicht, und dann die entgegengesetzte Fläche genau auf dieselbe Weise behandelt. Hat man zwey Magnete, so nimmt man in jede Hand einen, setzet in der Mitte des zu magnetisirenden Stahlstabes den Südpol des einen und den Nordpol des andern Magnets auf, und fährt damit nach den entgegengesetzten Enden desselben. — Beym Doppelstriche setzet man einen Magnet mit beyden Polen in der Mitte des Stabes (Fig. 54) auf, streicht dann, ohne die Richtung der Pole zu ändern, mehrmahls hin und her von einem Ende zum andern, und hebet den Magnet in der Mitte wieder weg: das Ende S, welches während des Bestreichens dem Nordpole n des Magnetes am nächsten liegt, wird zum Südpole, das entgegengesetzte N zum Nordpole.

Beym Magnetisiren mittelst des Kreisstriches werden 4 zu magnetisirende Stahlstäbe so gelegt, daß sie ein rechtwinkliges Quadrat einschließen, und dann die ungleichnahmigen Pole zweyer Magnete mehrmahls auf ihnen rings herumgeführt. — Will man die oben §. 247* beschriebene rhomboidale Nadel magnetisiren, so bringt man sie in den magnet. Meridian, legt zwey mit den entgegengesetzten Polen so verbundene Magnete, daß sie eine gerade, mit der Nadel parallele Linie bilden, mit der Vorsicht darauf, daß die Verbindungslinie der beyden entgegengesetzten Pole gerade auf die Mitte der Nadel zu liegen kömmt; dann hebt man diese Magnete mit den entgegengesetzten Enden beyder so, daß sie mit der Nadel einem Winkel von zwey bis drey Graden machen, und streicht, wie oben beschrieben, doch mit stets gleichbleiben-

dem Winkel, 10 bis 12 Mahl auf beyden Flächen der Nadel (Schweigg. J. 33, 219). — Eine Unterlage von Eisen soll besser als eine andere seyn (Magnetische Condensator-Wirkung). Dasjenige Ende des Stahlstabes, welches zum Nordpole werden soll, bezeichnet man gewöhnlich mit einem Feilstriche. Verkehrtes Streichen, oder Streichen mit dem unrechten Pole, vernichtet wieder die schon entwickelte Magneticität, und bringt länger fortgesetzt die entgegengesetzte hervor. Ist der Stahlstab sehr lang, so entstehen öfters Pole in der Mitte desselben. Ueber Brugmann's Indifferenz-Punct, van Swinden's culminirenden Punct, s. Erxleben's Anfangsgründe der Naturlehre mit Zusätzen von Lichtenberg.

214. Die Stärke des magnet. Zustandes, welchen Stahl erhält, wächst, den bisherigen Erfahrungen zu Folge, mit der Stärke des Magnets, den man zu dessen Magnetisiren anwendet (daher man auch eine unbegränzte Menge magnet. Materie in dem Stahle annehmen muß); allein ein Magnet kann keinen stärkeren Grad von Magneticität ertheilen, als er selbst besitzet: wird aber ein Stahlstab mit mehreren verbundenen Magneten bestrichen, so erhält er mehr Wirksamkeit, als jeder der bestreichenden Magnete für sich besitzet. Darauf gründet sich folgende Methode, starke Magnete zu machen, oder einen aus mehreren Stangen zusammengesetzten Magnet durch sich selbst zu verstärken. Man ertheile 8 gleichen Stahlstäben auf was immer für eine Art einen gewissen Grad von Magneticität, lege dann zwey davon, A und B (Fig. 55), einen Zoll weit entfernt, parallel neben einander, und verbinde sie mittelst der zwey kürzeren Stäbe aus weichem Eisen a und b so mit einander, daß das Ganze ein Rechteck bildet. Die Pole der zwey Stahlstäbe haben entgegengesetzte Richtung; der eine Stab hat das bezeichnete Ende in c, der andere in d. Die 6 übrigen Stäbe ordne man so, daß sie zwey Bündeln bilden, wovon in dem einen die Nordpole nach oben, in dem andern nach unten gekehrt sind, und daß sie die Schenkel eines oben zusammenlaufenden Winkels bilden, dessen Größe durch den dazwischen gelegten harten Körper e bestimmt wird. Mit diesen magnetisire man den Stab A und B durch den Doppelstrich, so werden diese zwey Stahlstäbe schon einen höheren Grad von Magneticität erhalten. Man stecke diese nun unter die übrigen, und magnetisire zwey andere von diesen auf die nähmliche Art. Nachdem alle 8 auf solche Weise verstärkt sind, fange man wieder von vorn an, und fahre damit so lange fort, als man noch eine Zunahme der magnetischen Kraft bemerkt.

Auf solche Weise hat Knight sein so äußerst wirksames magnetisches Magazin verfertigt, welches aus 480 Stahlstangen von 1 1/2 Fuß Länge bestand, und 1000 Pfund wog; womit er jeden Stahlstab augenblicklich magnetisch machte (nach Steinhäuser, in Schweigg. J. 33, 31, indem er sie so legte, daß sie mit ihren beyden Enden die Pole des Magazins berührten, dann mit dem beliebigen Pole eines andern Magnetes bestrich), und die Pole aller künstlichen sowohl als natürlichen Magnete augenblicklich umkehrte. — Man kann auch erhärtete Massen aus Eisenstaub und Oehl, die sich in jede Form bringen lassen, magnetisiren: solche kugelrunde Magnete heißen Terellen. — Nach Professor Erman kann man durch gewisse Künsteleyen beym Streichen eine Stahlstange so magnetisiren, daß sie die zwey Pole nicht an den entgegengesetzten Enden der langen Achse, sondern an zwey entgegengesetzten Seitenflächen hat, also auf einer ganzen langen Seite den Nordpol, auf der entgegengesetzten den Südpol zeigt (Gilb. A. 67). Erman hält diese Transversal-Polarisation der Longitudinal-Polarisation für entgegengesetzt. Nach J. J. Prechtl (in Gilb. A. 67, 265, kann man Transversal-Magnete auf folgende Weise verfertigen: Eine Glasröhre oder ein Holzcylinder wird mit Stahldrahte so umwunden, daß die Windungen sich berühren, dann wird an einem Ende der Nordpol eines starken Magnetes angesetzt und in einer geraden, die Windungen möglichst senkrecht schneidenden Linie bis ans andere Ende geführt. Der mit Stahldrahte umwundene Cylinder zeigt nun seiner ganzen Länge nach in gleicher Stärke auf der einen Seite den Nordpol, auf der entgegengesetzten den Südpol; seine beyden Enden aber zeigen keine stärkere Polarität, als jeder Querschnitt in der Mitte oder an einem andern Theile; nähert man ihn daher einer im magnet. Meridiane ruhenden Magnetnadel, so daß seine Achse parallel mit jener der letzteren läuft, so wird die Magnetnadel statt nach Norden und Süden, nach Osten und Westen zeigen, indem ihr Südpol von dem an der einen Seite des Drahtcylinders liegenden Nordpole, ihr Nordpol daher von der entgegengesetzten Seite angezogen wird. Bestreicht man einen solchen Drahtcylinder spiralförmig mit dem Pole eines Magnetes, so verschwindet der Transversal-Magnetismus, und es entstehet wieder ein gewöhnlicher Longitudinal-Magnet. Wenn man einen ähnlichen mit Stahldrahte umwundenen Cylinder, oder auch einen massiven Stahlcylinder durch die mittlere Oeffnung o eines Bretes zieht, auf welchem 4 Magnete, nach der in Fig. 56 angezeigten Art, befestigt sind, so erhält man einen Transversal-Magnet, der längs seiner Seiten 2 Nordpole und 2 Südpole hat. Auf ähnliche Art kann man Transversal-Magnete darstellen, an derer Umkreise eine beliebige Zahl Nord- und Südpole abwechseln. Wenn man einen Stahlring von 4

bis 6 Zoll im Durchmesser an einer Stelle mit den beyden so nahe als möglich beysammen liegenden Polen eines Hufeisen-Magnetes berühret, dann den Magnet wegnimmt und an einer benachbarten Stelle ansetzet, so daß zwischen der alt- und neu berührten Stelle ein Zwischenraum bleibt, welcher der Entfernung der beyden Pole des Hufeisen-Magnetes gleich ist; wenn man damit fortfährt, bis man die ganze Peripherie des Ringes auf gleiche Art behandelt hat, so erhält man gleichsam den Querschnitt eines Transversal-Magnets, an welchem die entgegengesetzten Pole 20 bis 30 Mahl wechseln (*Savary sur l'aimantation. Ann. de chim. et phys.* 34, 5).

d) Verhältniß des Magnetismus zur Elektricität. Elektromagnetismus.

215. Die elektr. und magnet. Anziehungen und Abstossungen, die Mittheilung und Verstärkung des elektrischen so wie des magnetischen Zustandes durch Vertheilung, biethen so auffallende Aehnlichkeiten dar, daß schon die älteren Naturforscher, welche sich mit der Elektricität beschäftigten (z. B. van Swinden), einen Zusammenhang zwischen Magnetismus und Elektricität vermutheten, und durch Versuche nachzuweisen suchten. Da das Letztere jedoch nicht gelang, und da zwischen den magnet. und elektr. Erscheinungen in manchen andern Beziehungen auch bedeutende Verschiedenheiten Statt finden; indem z. B. des elektr. Zustandes alle Körper, des magnetischen aber nur Eisen, Nickel und Kobalt fähig sind; indem es für die Magneticität keine Nichtleiter, so wie für die E. gibt; indem, dessen ungeachtet, magnetisirter Stahl seine Kraft durch Jahrhunderte, jeder elektr. Körper dagegen seinen elektr. Zustand nur durch kurze Zeit behalten kann; indem ein Magnet ohne Störung seiner magnet. Kräfte elektrisch gemacht werden kann u. dgl. m.: so hielten die Meisten mit Franklin jene angeführten Aehnlichkeiten zwischen dem Magnetismus und der E. bloß für zufällig, und schrieben das Magnetisiren von Stahlstäben oder das Umkehren der Pole eines Magnets mittelst starker elektr. Entladungen (§. 212), durch Blitzschläge u. dgl. m., nur der mechanischen Erschütterung zu. Das Nordlicht wurde wohl von jeher für ein elektr. Meteor gehalten (§. 193*); allein man war dessen so wenig gewiß, daß man aus seinem Entstehen in den magnetischen Polen der Erde und aus seiner Einwirkung auf unsere gewöhnlichen Magnetnadeln eben keine starken Beweisgründe für die Identität der E. und des Magnetismus führen konnte. — Als man die Vol-

ta'sche Säule kennen gelernt hatte, erhielt durch die an derselben hervortretende, bis dahin nur an dem Magnete bemerkte Polarität, die Aehnlichkeit zwischen E. und Magnetismus einen so starken Zuwachs, daß mehrere Naturforscher (z. B. Ritter in seinem elektr. System der Körper, Leipzig 1805) den Zusammenhang zwischen den elektr. und magnet. Kräften wieder nachzuweisen sich bemühten. Man versuchte aus Magnetstäben Volta'sche Säulen zu erbauen; durch ein System von Magnetstäben chemische Wirkungen hervor zu bringen, z. B. Wasser zu zerlegen; man beobachtete, ob eine frey aufgehängte Silber-Zinknadel (§. 172), also eine freyschwebende galv. Kette, oder eine auf Wasser schwimmende Volta'sche Säule sich in den magnetischen Meridian versetzen würde, u. dgl. m. Allein die Natur schwieg auf die nach dieser Art an sie gestellten Fragen. Die nähere Erforschung der Eigenschaften des Turmalins (§. 198), die Entdeckung der trockenen Zamboni'schen Säulen u. dgl. m. brachten die an elektr. Körpern beobachteten Erscheinungen den magnetischen noch näher, und veranlaßten H. v. Yelin's Abhandlung „Ueber Magnetismus und Elektricität als identische Urkräfte" München 1818, in welcher jedoch der Zusammenhang zwischen beyden durch keine neue Thatsache nachgewiesen wurde.

Recueil des mém. sur l'analogie de l'électricité et du magnetisme p. van Swinden. A la Haye 1784.

216. Bisher hatte man öfters vergebens versucht, Stahlnadeln zu magnetisiren, oder Magnetnadeln in ihrer gewöhnlichen Richtung irre zu machen, indem man sie in den Volta'schen Schließungskreis selbst als leitende Theile desselben brachte. H. Oersted, durch seine individuellen Ansichten über die Natur der Imponderabilien geleitet, versuchte im Sommer 1820 die Einwirkung des durch einen Metalldraht geschlossenen Volta'schen Kreises, also des elektr. Stromes, auf die dem Metalldrahte genäherten Magnetnadeln; und nun bothen sich ihm Erscheinungen dar, welche nicht mit Unrecht für die wichtigste und nicht mit Unwahrscheinlichkeit für die folgenreichste Erweiterung der Naturlehre seit Erfindung der Volta'schen Säule gehalten werden. — Um Oersted's Versuche nachzumachen, bediente ich mich des in Fig. 57 abgebildeten bereits §. 167 erwähnten Apparats. K ist eine viereckige, kupferne, 1,5 Zoll weite, in einem hölzernen Rahmen r steckende Zelle von 30 Zoll Höhe und Breite. In dieser hängt auf zwey Glasstäben o und p die Zinkplatte

Z, so daß sie, wie es die punctirten Linien andeuten, bis nahe an den Boden reicht, das Kupfer jedoch nirgends berührt. Die Zelle wird so gestellt, daß ihre Längenachse n s mit dem magnetischen Meridiane N S zusammenfällt. An dem Nord-Ende des Apparates ist sowohl in das Kupfer der Zelle bey a als an das Zinkblech bey b eine horizontale Dille angelöthet, worein der messingene Verbindungsdraht a c d g f e b mit seinen beyden Enden a und b paßt. Die beyden Schenkel dieses Drahtes c d und e f laufen folglich mit der magnet. Meridianlinie parallel von Süden nach Norden, und das nördliche Querstück des Drahtes d f g schneidet diese Linie senkrecht von Osten d nach Westen f. Die Zelle wird mit Wasser, welches 0,02 Schwefelsäure und eben so viel Salpetersäure enthält, gefüllt. So bald der Verbindungsdraht mit seinen beyden Enden a und b in den Dillen steckt, sind Kupfer und Zink in metallischer Berührung, und die einfache Kette ist mittelst des flüssigen Leiters geschlossen: die + E. strömt vom Kupfer a durch den Verbindungsdraht in der Richtung c d g f e b zum Zinke, von diesem durch die verdünnte Säure zum Kupfer u. s. f. Beym Anfange der Versuche kann man bloß das Ende a des Drahtes in der Kupfer-Dille stecken lassen, und das Ende b außer jeder Berührung mit dem Zinke halten: bringt man bey dieser Anordnung unter oder über einen der Schenkel c d, e f, oder d g f eine Declinations-Nadel, so wird sie überall ihre normale Richtung im magnet. Meridiane beybehalten, wie dieses in Fig. 58 angedeutet ist; stecket man aber auch das Ende b des Drahtes in die Zink-Dille, und schließet auf solche Art den elektr. Kreis, so wird man an der dem Verbindungsdrahte an verschiedenen Stellen genäherten Magnetnadel folgende Erscheinungen bemerken: 1) Unter dem vom Kupfer kommenden horizontalen Schenkel c d, worin sich der elektr. Strom von c nach d, oder von Süden nach Norden, bewegt, dreht sich die Magnetnadel schnell, und macht nach mehreren heftigen Schwankungen ruhend, mit dem Schenkel des Schließungsdrahtes, folglich auch mit dem magnet. Meridiane, beynahe einen rechten Winkel, indem sie mit ihrem Nordpole, statt nach Norden, nach Westen zeigt; über demselben Schenkel macht sie eine eben so starke Drehung in entgegengesetzter Richtung, und zeigt mit dem Nordpole nach Osten. 2) In der Nähe des andern an das Zinkblech schließenden Schenkels e f, worin die Richtung des elektr. Stromes von f nach e, oder von Nord nach Süd geht, er-

folgt eine gleich große Abweichung der Declinations-Nadel, aber nach entgegengesetzter Richtung: unten nähmlich zeigt der Nordpol nach Osten, oben nach Westen. 3) Ueber dem Querstücke des Drahtes dgf mit der Richtung des elektr. Stromes von d nach f oder von Ost nach West, behält die Nadel ihre Richtung unverändert; unter demselben wird sie, man mag ihre Mitte oder einen ihrer Pole unter den Draht halten, ganz umgekehrt, indem nun ihr Nordpol nach Süden und ihr Südpol nach Norden zeigt. In der Fig. 57 zeigt die punctirte Magnetnadel ihre Richtung unter, und die mit ganzen Strichen gezeichnete ihre Richtung über dem Verbindungsdrahte an den entsprechenden Stellen. 4) Gerade neben dem horizontalen Schließungsdrahte (d. h. wenn die Achse der Magnetnadel mit der Achse des Schließungsdrahtes parallel und in der nähmlichen Horizontal-Ebene liegt) wird nicht die Abweichung, wohl aber die Neigung einer ganz frey hängenden Magnetnadel geändert: an der Ostseite des Schließungsdrahts wird der Nordpol der Magnetnadel, an der Westseite des ersteren der Südpol der letzteren abwärts gedrückt. 5) An der Ostseite eines senkrechten Schließungsdrahtes, in welchem die + E. nach aufwärts fließet, wird eine horizontale Magnetnadel angezogen, wenn ein Theil ihrer Achse zwischen den Polen und zwischen ihrem Mittelpuncte dem Schließungsdrahte gegenüber stehet; an der Westseite wird unter denselben Bedingungen die Magnetnadel abgestoßen: stehet aber ein Theil der Nadel zwischen den Polen und den Enden der Magnetnadel (§. 201*) dem Schließungsdrahte gegenüber, so erfolgt an der Ostseite Abstoßung, an der Westseite Anziehung. Aehnlich verhält sich eine senkrechte (mittelst eines an dem einen Ende befestigten Fadens frey schwebende) Magnetnadel, die einem horizontalen Schließungsdrahte genähert wird. — Beobachtet man während dieser Versuche zugleich die Inclination, d. h. die Bewegung der Nadel in einer Vertical-Ebene, so findet man, daß die Nadel vom horizontalen Verbindungsdrahte angezogen wird, wenn ein Theil derselben zwischen ihrem Drehepuncte und einem Pole sich unter oder über dem Drahte befindet; daß aber diese Anziehung in Abstoßung übergeht, wenn die äußersten Pole selbst oder die Enden der Magnetnadel über den eigentlichen Pol hinaus, unter oder über dem Drahte zu stehen kommen: in dem letzteren Falle wird derselbe Pol der Magnetnadel, welcher in der Declinations-Ebene sich dem Verbindungsdrahte nähert, in der Inclinations-Ebene sich von demselben entfernen.

Davy's galv. Feuerstrom zwischen den zwey die Polardrähte bildenden Kohlenstückchen (§. 181) wirkte eben so, doch schwächer auf die Magnetnadel, wie ein durch einen Metalldraht sich bewegender elektr. Strom.

Das Gemeinsame in diesen Erscheinungen besteht also darin, daß sich die Declinationsnadel gegen den Schließungsdraht in einen rechten Winkel stellt und zwar so, daß sich der Nordpol immer zur linken Hand eines Menschen befindet, durch welchen die (in dem beschriebenen Apparate von dem Kupfer kommende) + E. von den Füßen gegen den Kopf strömet und welcher die Vorderseite des Körpers der Magnetnadel zugekehrt hat, oder, noch allgemeiner ausgedruckt, daß der Pol eines Magnets sich um den Leitungsdraht der galv. E. ringsum zu bewegen (denselben zu umkreisen) strebt. Der magnetische Einfluß des elektr. Stromes wirkt übrigens nicht nur durch alle Körper, durch Leiter sowohl, z. B. durch Eisen, Stahl, Nikel, Kobalt, durch alle unmagnetischen Metalle; als durch Halbleiter, z. B. Wasser, Salzlaugen, organische Bildungstheile, als auch durch Isolatoren, z. B. Glas, Harz, Luft, und dgl. m.; sondern er ist auch an einem in der Guerike'schen Leere befindlichen Schließungsdrahte nicht schwächer als an einem von der atm. Luft umgebenen (Schmid in Gilb. A. 71, 389). Auf nicht magnetisirtes Eisen, Nikel, Kobalt, so wie auf Nadeln aus unmagnetischen Metallen, z. B. Silber, Gold, Zinn, Bley, Messing aber übet der Schließungsdraht nicht die geringste bewegende oder richtende Wirkung aus. — Wenn der Volta'sche Apparat in so gutem Gange ist, daß der messingene Verbindungsdraht durch den elektr. Strom bedeutend erwärmt wird, so zieht er Eisenfeilspäne an, und überzieht sich mit einer Linien dicken Lage derselben, läßt sie aber, so wie die Kette geöffnet wird, augenblicklich fallen. Auch andere als Verbindungsdrähte gebrauchte Metalle zeigen unter gleichen Umständen ähnliche Erscheinungen.

Unter Richtung des elektr. Stromes versteht man hier immer den Weg, welchen, den bisherigen Vorstellungen zu Folge, die + E. nimmt; dieser geht also in dem Schließungsdrahte einer einfachen galv. Kette (eine solche ist auch der beschriebene aus Einer Kupferzelle und Zinkplatte bestehende Apparat) und zwischen den einzelnen Gliedern einer geschlossenen Volta'schen Säule oder eines mehrkettigen Trog-Apparates selbst, vom — Pole zum + Pole, also vom Kupfer zum Zinke; in dem Schließungsdrahte einer Volta'schen Säule, oder

eines mehrkettigen Trog-Apparates aber vom + Pole zum — Pole also vom Zinke zum Kupfer. Die genannten, von der Richtung des elektr. Stromes abhängigen Erscheinungen werden also längs einer Volta'schen Säule gerade auf die entgegengesetzte Art, wie in dem Schließungsdrahte derselben Säule vor sich gehen. Das Links und Rechts von diesem Strome bestimmt man immer auf die im §. angegebene Art. — Eine astatische Magnetnadel stellet sich immer senkrecht auf den Schließungsdraht oder elektr. Strom; in einer gewöhnlichen Magnetnadel hat aber die richtende Kraft des elektr. Stromes jene des Erdballes zu überwinden; daher gehört ein mächtiger elektr. Strom dazu, um sie senkrecht auf den Schließungsdraht zu drehen; ein minder mächtiger elektr. Strom lenkt sie nach dem Verhältnisse seiner Stärke nur um mehr oder weniger Grade von der Richtung, in welche sie durch den tellurischen Magnetismus versetzt wird, ab, so daß sie mit dem magnet. Meridiane oder mit dem Schließungsdrahte einen größeren oder kleineren Winkel macht. — Die Einwirkung des elektr. Stromes auf die Magnetnadel scheint mehr von der Menge als von der Spannung der E. abzuhängen; daher zeigt sich ein Apparat mit wenigen großen Platten wirksamer als ein anderer mit vielen kleinen. Ein elektr. Strom, der sich durch Halbleiter bewegt, bringt nach Davy keine oder äußerst schwache magnet. Erscheinungen hervor; der Schließungsdraht trockner Säulen verhält sich auf die Magnetnadel ganz unwirksam. Weil es der durch Reibungs-Apparate erregten E. bey einer großen Spannung an der gehörigen Menge fehlet, so kann man mittelst eines Drahtes, durch den man schnell nacheinander eine Leidner-Flasche entladet, oder durch den man aus einem Conductor einen Strom elektr. Funken zieht, die oben erwähnten und die noch zu erwähnenden magnet. Erscheinungen wohl hervorbringen, aber in einem schwächeren Grade (Arago, Davy, Hill, in Gilb. A. 71, 232, in Schweigg. J. 34, 290. — Pfaff in Gilb. A. 69, 84. — Schmidt in Gilb. A. 68, 28, 70, 229, und 71, 394. — v. Yelin in Gilb. A. 68, 17. — Van Beck in Gilb. A. 69, 196. — Colladon Ablenk. der Magnetn. durch den Strom einer gewähnlichen Elektrisirmaschine und durch die E. der Wolken, in Schweigg. J. 48, 285).

217. Ampere, ein französischer Naturforscher, fand bey der abgeänderten Wiederhohlung der Oersted'schen Versuche, daß sich ein beweglicher Schließungsdraht gegen einen unbeweglichen Magnet eben so verhält, wie ein beweglicher Magnet gegen einen unbeweglichen Schließungsdraht; nähmlich daß sich der Schließungsdraht drehet, bis er sich mit der Achse des Magnetes unter rechten Winkeln kreuzet, und daß er von dem letzteren entweder angezogen oder abgestoßen wird, je nachdem der Nordpol des Magnets sich links

oder rechts vom elektr. Strome befindet. Dann kam Ampere auch auf den Gedanken zu versuchen, wie sich zwey elektr. Ströme oder zwey Schließungsdrähte gegen einander verhalten würden. Es zeigte sich, daß zwey Schließungsdrähte, in denen die E. nach der nähmlichen Richtung strömet, sich anziehen, und daß sie, wenn in ihnen die E. nach entgegengesetzter Richtung strömet, nicht nur sich abstoßen, sondern daß der eine, wenn er leicht genug beweglich ist, sich in eine solche Lage drehet, in welcher der durch ihn fließende elektr. Strom mit dem durch den festen Schließungsdraht sich bewegenden einerley Richtung hat.

Zur Nachweisung der angeführten Thatsachen hat Ampere sehr sinnreiche aber auch ziemlich zusammengesetzte Apparate ausgedacht, die man in Gilb. A. B. 67 beschrieben findet; hier soll nur so viel davon erwähnt werden, als zum Verständlichmachen der Erscheinungen selbst unumgänglich nothwendig ist. Um das Verhalten eines beweglichen Schließungsdrahtes gegen einen unbeweglichen Magnet zu beobachten, dient der von De la Rive angegebene, in Fig. 59 abgebildete, kleine Apparat. Durch die Korkscheibe A ist der 3 Zoll lange und unten 1 Zoll breite Kupferstreif KC, und der eben so lange und breite Zinkstreif ZC gesteckt, welche über dem Korke (in der Breite etwas verjüngt, um das Umschlagen des Korkes zu erschweren) so gekrümmt werden, daß sie bey C entweder zusammen gelöthet oder mit Kupferdrahte gut zusammen gebunden, einen halb offenen Ring darstellen. Schwimmt der Apparat auf Wasser, welches mit etwas Salzsäure versetzt ist, so fängt sogleich unter Gasentwicklung der elektromotorische Prozeß an: die + E. bewegt sich vom Kupfer zum Zinke, also in der Richtung KCZ. Hält man nun einen Magnetstab horizontal mit dem Nordpole dem Mittelpuncte der Ringebene o gerade gegenüber, so daß das Kupfer links, das Zink rechts von diesem Pole sich befindet, so wird der Ring angezogen, und schiebt sich selbst bis an die Mitte des Magnetstabes gegen die Hand zu. Der auf gleiche Art genäherte Südpol des nähmlichen Magnetstabes stößt den Ring ab. Werden die Magnetpole auf der andern Seite des Ringes dem Mittelpuncte seiner Ebene genähert, wo also das Kupfer rechts von ihnen liegt, und der elektr. Strom in Beziehung auf diese Pole die entgegengesetzte Richtung hat, so wirkt der Südpol anziehend und der Nordpol abstoßend. — Das Verhalten zweyer elektr. Ströme gegen einander zeigt Ampere in folgendem Apparate Fig. 60. Der feste Schließungsdraht ab ist an den zwey metallenen Trägern ma und nb befestigt; der bewegliche Schließungsdraht cd ist mittelst der zwey rechtwinklich aufgebogenen Arme ce und df an die metallenen Fassungen der Glasröhre ef befestigt, von denen feine, rechtwinklich gebogene

Stahlspitzen in die stählernen Schälchen x und y der zwey metallenen Träger x p q und y r s reichen, und dort in einige Tropfen Quecksilber tauchen. Die mittlere Fassung g der Glasröhre trägt ein messingenes Röhrchen, in welchem ein etwas gekrümmter Messingdraht mit dem Gegengewichte v steckt, um durch dessen Drehen den Schwerpunct des ganzen beweglichen Rahmens etwas verrücken zu können. Die Träger des festen Leiters lassen sich in den Furchen des Bodenbretes jenen des beweglichen Leiters nach Belieben nähern. In den 4 Buchsbaumbechern i, k, l, o befindet sich etwas Quecksilber; das Quecksilber jedes Bechers stehet durch zweckmäßig gebogene Messingdrähte mit Einem der 4 Träger in leitender Verbindung. Setzet man die beyden Träger n und q durch einen unter dem Boden fortlaufenden Messingdraht in leitende Verbindung, taucht man dann in das Quecksilber des Bechers i den positiven, in das Quecksilber des Bechers o den negativen Polardraht einer wirksamen Volta'schen Batterie, so strömet die + E. von i durch r y f d c e x p q n b a m nach o, folglich bewegt sich in dem festen Schließungsdrahte die + E. in der Richtung von b nach a, in dem beweglichen Schließungsdrahte von d nach c, in beyden also in der nähmlichen absoluten Richtung: man wird daher sehen, daß c d von a b nicht allein angezogen, sondern auch festgehalten werden wird. Setzet man hingegen die Träger q und m in leitende Verbindung, taucht man den positiven Polardraht in den Becher i, den negativen Polardraht in den Becher k, so beschreibt die + E. den Weg i r y f d c e x p q m a b n nach k: folglich bewegt sie sich in dem festen Schließungsdrahte von a nach b, in dem beweglichen Schließungsdrahte von d nach c, also in entgegengesetzter Richtung; daher wird sich der Draht c d von a b entfernen. — Folgende Vorrichtung (Fig. 61) dienet dazu, das Drehen eines Schließungsdrahtes zu zeigen, um sich in eine Lage zu versetzen, in welcher seine E. mit der E. eines benachbarten festen Schließungsdrahtes nach einerley Richtung ströme. Der wagrechte Theil a b des Rahmens e a b f aus Metalldrahte stellet den festen Schließungsdraht, und der wagrechte Theil c d des Metalldrahts g c d h den beweglichen Schließungsdraht dar. Der Metalldraht g c d h ist an der senkrechten Glasröhre x y befestigt, und zwar mit dem einen Ende an der metallenen Fassung r, mit dem andern Ende an der metallenen Fassung s; beyde Fassungen stehen mit einander in keiner leitenden Verbindung. Die Glasröhre x y stellet eine senkrechte Achse vor, welche mit einer feinen an der untersten Fassung s befestigten Stahlspitze in dem Quecksilber des Stahlschälchens u an dem metallenen Arme f n wie in einer Pfanne ruhet, oben aber mittelst der an der isolirten Fassung v befestigten Stahlspitze in eine Pfanne an dem festen Schließungsdrahte a b reichet; so daß die Glasröhre und mittelst ihrer der ganze daran befestigte Metalldraht um ihre senkrechte Achse drehbar ist. Von der Fas-

fang r reichet ein zweckmäßig gekrümmter Metalldraht in das Quecksilber des Schälchens l. Verbindet man das Quecksilber in dem Becher m mit dem positiven, das Quecksilber in der Schale l mit dem negativen Polardrahte einer wirksamen galvan. Säule, so strömet die +E. von m durch e a b f u s h d c g r nach l, in den Theilen a b und c d also in entgegengesetzter Richtung; daher machet der ganze innere bewegliche Theil eine halbe Umdrehung (von 180°), worauf die +E. in dem Drahte d c nach derselben Richtung, wie in dem Drahte a b strömet, Anziehung, hiermit Festhalten in dieser Lage, also Ruhe erfolgt.

218. Da diesen Versuchen zu Folge ein Schließungsdraht sich genau so verhält, wie ein Magnet, der aber die entgegengesetzten Pole nicht an den beyden Enden seiner Längenachse, sondern an den beyden Enden eines Durchmessers seines Querschnittes, also an entgegengesetzten Enden seiner Peripherie hat, folglich wie ein Transversal-Magnet (§. 214*), der an der Peripherie jeder auf seiner Längenachse senkrechten Ebene eine unendliche Zahl abwechselnder Nord- und Südpole hat; und da umgekehrt ein Magnetstab sich gerade so verhält, wie ein Schließungsdraht, der nicht seiner Länge nach von E. durchströmt, sondern in senkrecht auf seiner Achse stehenden Ebenen von elektr. Strömen umkreiset wird: so fragt es sich, ob man die magnet. Erscheinungen unmittelbar aus solchen elektr. Strömen ableiten, oder noch fortan eigene magnetische Materien (in dem Sinne, wie die übrigen Imponderabilien) annehmen, und der Elektricität (so wie dem Hämmern, Ablöschen, Rotiren, und den andern magnetisirenden Mitteln überhaupt) bloß die Fähigkeit zusprechen soll, die in allen Körpern vorhandenen, aber durch die vollständigste wechselseitige Neutralisation für die Sinne ganz unmerklich gewordenen Nord- und Süd-Magneticität (+M und —M) zu trennen, beyde an entgegengesetzte Stellen der Peripherie eines Schließungsdrahtes zu treiben, hier durch die Anziehung, welche jede gegen ungleichartige M., und durch die Abstossung, welche sie gegen gleichartige M. ausübet, für die Sinne wahrnehmbar, den Schließungsdraht selbst also zu einem Transversalmagnete zu machen. Ampere, welcher alle magnetischen Erscheinungen mit vielem Glücke aus elektr. Strömen erkläret, hält sich zur Annahme einer eigenen magnetischen Materie nicht berechtigt. Nebst dem, daß er eine Hypothese ersparet, nähmlich die Annahme einer eigenen Magneticitätsmaterie, hat er noch den Vortheil, alle seine Erklärungen auf einen Erfahrungssatz zu gründen, daß nähmlich elektr. Ströme, wenn sie nach der nähm-

lichen Richtung fließen, sich anziehen, wenn sie nach entgegengesetzter Richtung fließen, sich abstoßen: allein er muß doch auch wieder zu der Hülfshypothese seine Zuflucht nehmen, daß jeder (Longitudinal-) Magnet von elekt. Strömen in Ebenen, die senkrecht auf seiner Achse stehen, umkreiset werde; denn diese elektr. Ströme selbst sind sonst noch durch kein Mittel, z. B. durch irgend einen der früher beschriebenen Elektrometer, oder durch chemische Wirkungen, Wasserzerlegung u. dergl. bewiesen worden. Nach Ampere ist also jeder gewöhnliche Magnet eine Stahlstange, oder ein Stahlcylinder und dergl., derer Achse von elektr. Strömen umkreiset wird in Ebenen, die senkrecht auf ihr stehen, und der Erdball selbst verdankt seine magnetische Eigenschaft elektr. Strömen, die parallel mit dem magnetischen Aequator von Osten gegen Westen um ihn fließen.

Da die gewöhnlichen Magnete aus einem gut leitenden Metalle, nähmlich entweder aus Eisen, aus Kobalt oder aus Nickel bestehen, so kann das Elektrometer elektr. Ströme, die in denselben vorgehen, eben so wenig als in einer vollkommen geschlossenen Volta'schen Batterie anzeigen; denn bey der vollkommenen Leitung kann gar keine elektr. Spannung entstehen, und doch wird nur diese, keineswegs aber der elektr. Strom, durch das Elektrometer angezeigt. Chemische Veränderungen kann die E. in den Körpern nur in so fern hervorbringen, als diese von der E. durchströmt werden (§. 182); da aber Eisen, Kobalt und Nickel (die selbst, wie alle einfache Substanzen, durch die E. unveränderlich sind) viel bessere Leiter für die E. abgeben, als Wasser, Salzlaugen, oder andere durch die E. zu zersetzende Substanzen: so wird die jene magnetisirten Metalle umkreisende E. dieselben nie verlassen, um durch die genannten Flüssigkeiten zu strömen und diese chemisch zu verändern; im Gegentheile gehöret immer schon ein nicht unbeträchtlicher Grad von Spannung dazu, damit die E. sich durch diese Flüssigkeiten bewege; daher wird dieses bey dem gänzlichen Mangel an Spannung der einen Magnet umkreisenden elektr. Ströme nie der Fall seyn können. Daß ein elektr. Strom, um noch magnetisch zu wirken, in seiner Bewegung nur wenig gehindert seyn dürfe, erhellet daraus, weil ein Schließungsdraht, wenn er durch Wasser oder durch eine Salzlauge oder durch andere noch schlechtere Leiter unterbrochen ist, magnetisch zu wirken aufhöret. Es bleibt daher wenig Hoffnung, die elektr. Ströme in den Magneten, wenn sie auch wirklich vorhanden sind, jemahls nachzuweisen. Gegen die Annahme von elektr. Strömen, welche den Erdball umfließen, läßt sich um so weniger einwenden, da in den verschiedenartigen Schichten der Erdrinde, so weit wir dieselbe kennen, einzelne Ketten genug zu einer mächtigen Volta'schen Batterie, und in

dem Wechsel von Licht und Schatten, von Wärme, Kälte und Feuchtigkeit, überhaupt in den wechselnden Einflüssen der Atm. und der andern Gestirne hinlängliche Umstände zur Anregung der Thätigkeit dieser Batterie vorhanden sind. Nach Ampere sind diese Ströme nächst dem Aequator am mächtigsten, und nehmen gegen die Pole zu allmählig ab. Aus dieser Annahme folgt, daß die der Magnetnadel ihre Richtung ertheilende Kraft, die man sonst an den Polen suchte, eigentlich zunächst am Aequator ihren vorzüglichsten Sitz habe. Man stelle sich einen cylinderischen Stab vor, der mit seinen Ringen ganz vollgesteckt ist, wovon in jedem ein in sich selbst zurückkehrender elektr. Strom nach derselben Richtung sich beweget, und man hat ein Bild von einem Ampere'schen Magnete. Man stelle sich ferner vor, daß man einen prismatischen Magnetstab so vor sich halte, daß der Südpol dem Körper zugewendet, der Nordpol aber von dem Körper abgewendet sey (so wie man mit einer Pistole zielet, deren Mündung den Nordpol, und deren Schaft den Südpol des Magnetes vorstellen mag): so werden sich in diesem Magnete die elektr. Ströme dergestalt bewegen, daß sie an der oberen Fläche von der Linken zur Rechten, an der unteren Fläche von der Rechten zur Linken, an der linken Seitenfläche von unten hinauf, und an der rechten Seitenfläche von oben hinab fließen; denn nur in diesem Falle liegt einem Menschen, dem diese Ströme von den Füßen zum Kopfe fließen, und der die Vorderseite des Körpers dem Magnete zukehret, der Nordpol (der oben angeführten Regel entsprechend) links. Nur wenn ein solcher Magnet seinen Nordpol nach dem magnet. Nordpole der Erde kehret, fließen seine elektr. Ströme auf seiner unteren, der Erde zugekehrten Fläche von Osten nach Westen, also mit den elektr. Strömen des Erdballes in derselben Richtung; befindet sich der Magnet in einer andern Lage, so drehen ihn die elektr. Ströme des Erdballes so lange, bis die ihnen zunächst liegenden elektr. Ströme des Magnets mit ihnen nach einerley Richtung fließen, d. h. bis er mit seinem Nordpole nach Norden weiset. — Zwey elektr. Ströme, die nicht parallel neben einander fließen, sondern wovon der eine mit dem andern einen Winkel macht, verhalten sich wie nach derselben Richtung fließende, wenn sie beyde von dem Winkel ab gegen die Schenkel zu, oder beyde von den Schenkeln gegen den Winkel zu fließen (wie z. B. in Fig. 62 die Ströme O A und O C oder O B und O D), dagegen wie nach entgegengesetzter Richtung fließende, wenn einer dem Winkel zu, der andere davon abfließet, wie die Ströme O A und O D oder O B und O C.

219. Ampere's Ansicht, wenn auch nicht erwiesen, gibt sich doch dadurch als eine gute Hypothese zu erkennen, daß sie zur Entdeckung mehrerer wichtiger elektromagnetischer Erscheinungen geleitet hat. — Da man wußte, daß ein Schließungsdraht von was immer

für einem, sonst auch der attractorischen Eigenschaft gar nicht fähigen Metalle, z. B. von Silber, Platin, Kupfer, Messing u. dgl. m., so lange er von hinlänglich mächtiger E. durchströmet wird, Eisenfeile anziehet, und daß die letzteren von einem Magnete nicht angezogen werden können, ohne vorher durch Vertheilung selbst magnetisch geworden zu seyn (§. 206*): so wurde man auf den Versuch geführt, Stahlnadeln durch den Einfluß des elektr. Stromes zu magnetisiren, d. h. ihnen bleibende Magneticität zu ertheilen. Alle Versuche mißlangen, so lange man die Stahlnadeln zu Theilen des Schließungsdrahtes selbst machte, oder sie in einer mit demselben parallelen Lage dem Einflusse des elektr. Stromes aussetzte. Nach Ampere's Ansicht mußte man zu diesem Zwecke gelangen, wenn man eine kreisende Bewegung der E. um die Längenachse einer Stahlnadel bewirkte. Zur Hervorbringung einer solchen kreisenden Bewegung um die Längenachse der Stahlnadel näherte man dieselbe dem Schließungsdrahte anfangs so, daß sie damit einen rechten Winkel machte: auf diese Art wurde die Stahlnadel wirklich zu einem gewöhnlichen (Longitudinal-) Magnete, aber nur so lange sie der Einwirkung des Schließungsdrahtes ausgesetzt blieb; gleich nach der Entfernung aus dem Wirkungskreise des letzteren verschwand ihr Magnetismus augenblicklich; gerade so, als ob man sie in ihrer Mitte mit einem schwachen Hufeisenmagnete berührt, und den letzteren ohne alle weitere Bewegung wieder abgenommen hätte. Etwas stärkeren und bleibenderen Magnetismus erhielt die Nadel, wenn man den Schließungsdraht in Einem auf ihrer Achse senkrechten Kreise herumführte. Als man aber die Stahlnadel von dem elektr. Strome mehrmahls umkreisen ließ, verwandelte man sie eben so in einen bleibenden (Longitudinal-) Magnet, als ob man sie mit einem andern Magnete kunstmäßig bestrichen hätte. Zu diesem Zwecke wird der Schließungsdraht spiralförmig zu einer hohlen Schraube gewunden, ohne daß sich die einzelnen Windungen berühren (so wie man es in Fig. 63 sieht), die Stahlnadel entweder frey oder in eine Glasröhre eingeschmolzen, in die von den Windungen gebildete Röhre längs ihrer Achse gesteckt, und nach sehr kurzer Zeit vollständig magnetisirt wieder herausgenommen. Die Richtung der Windungen hat einen entschiedenen Einfluß auf die Lage der Pole in der auf solche Art magnetisirten Stahlnadel; in einer rechts gewundenen Schrauben-Spirale erhält die Stahlnadel den Nordpol an jenem Ende,

welches der Gegend zugekehrt ist, woher der elektr. Strom kömmt; in einer links gewundenen Spirale aber an dem jener Gegend zugewendeten Ende, wohin der elektr. Strom fließet (Gilb. A. 69, 213).

Eisenfeile bilden um einen Schließungsdraht nicht so, wie um die Pole eines gewöhnlichen, cylinderischen (Longitudinal-) Magnets divergirende Strahlen (Fig. 52), sondern sie hüllen denselben bis auf die Dicke einer Linie so ein, als ob er mit Gummiwasser bestrichen in denselben herumgerollt worden wäre: daraus schloß man mit Recht, daß an der Peripherie des Schließungsdrahtes unendlich nahe Nord- und Südpole abwechseln müßten. — Was nennet man eine rechts und was eine links gewundene Spirale? Denkt man sich mit dem Gesichte dorthin gewendet, wohin der elektr. Strom (d. h. die + E.) fließet, denket man sich den Schließungsdraht horizontal vor dem Gesichte (wieder wie eine Pistole, mit der man nach der Scheibe zielet), stellet man sich vor, die Windungen beginnen an dem Ende zunächst am Gesichte, die erste Windung steige, sich aufwärts wölbend, von der Linken zur Rechten, dann sich abwärts concav biegend wieder zur Linken; so ist dieses eine rechts gewundene Schrauben-Spirale. Fängt hingegen das Winden rechts an, steigt die erste aufwärts gewölbte Windung von der Rechten zur Linken u. s. w., so ist es eine links gewundene Spirale. In Fig. 63 ist a b eine links gewundene, c d eine rechts gewundene, e f wieder eine links gewundene Drahtschraube. Wenn man durch diese drey Drahtschrauben einen Stahldraht, z. B. eine Stricknadel steckt: so erhält diese bey a einen Südpol und bey b einen Nordpol, bey c einen Nordpol und bey d einen Südpol, bey e wieder einen Südpol und bey f einen Nordpol. Bringt man in jede der drey Drahtschrauben ein abgesondertes Stahldrahtstück, so erhält man drey (zweypolige) Magnete, welche sich die freundschaftlichen Pole zukehren. Je größer der Durchmesser der Ringe, welche die einzelnen Windungen darstellen, und je kleiner ihr Abstand von einander ist, desto größer wird das Verhältniß der auf die Achse senkrechten Richtung zu jener, die mit der Achse parallel läuft, desto wirksamer zeigt sich also auch die Schraube. Um die Windungen sehr nahe aneinander machen zu können, ohne durch Berührung derselben eine leitende Verbindung fürchten zu dürfen, überzieht man den Metalldraht mit einem biegsamen Harzfirnisse, oder überspinnt ihn gewöhnlich mit Seide. Führt man durch die Achse einer solchen hohlen Schraube den Schließungsdraht wieder geradlinig zurück (wie in Fig. 64), so wird die Wirkung des elektr. Stromes in der mit der Achse parallelen Richtung ganz aufgehoben: das letztere ist vorzüglich nothwendig, wenn man eine solche Drahtschraube als Magnet selbst darstellen will, wovon gleich mehr gesagt werden soll.

220. So wie die magnetisirende Kraft des Schließungsdrahtes

auf eine Stahlnadel ungemein verstärkt wird, wenn man ihn spiralförmig gewunden in Form einer hohlen Schraube auf die in seiner Achse befindliche Stahlnadel wirken läßt: so muß aus derselben Ursache auch jede andere Art von Einwirkung, welche ein elektr. Strom auf eine Magnetnadel ausübet, vorzüglich also die richtende Kraft, vermöge welcher er die beyde Pole verbindende Achse des Magnets mit seiner eigenen Längenachse in einen rechten Winkel zu drehen sucht, sehr gesteigert werden, wenn man ihn mehrmahls um eine Declinationsnadel windet. Darauf beruhet die Einrichtung des Schweigger'schen Multiplicators (Fig. 65), d. h. eines langen, dünnen, mit Seide übersponnenen Kupferdrahtes, der (so wie die Bunde des gewöhnlichen, verkäuflichen gröberen Drahtes) mehrfach in Form eines Ringes oder einer Schleife zusammengewunden, und in dessen Mittelpuncte eine Magnetnadel angebracht ist, deren Achse von dem Durchmesser des Ringes an Länge nur sehr wenig übertroffen wird. Wenn der Drahtring so gestellt wird, daß seine Ebene mit jener des magnet. Meridians zusammenfällt, so wird die darin befindliche Magnetnadel den, den beyden Polar-Enden entgegengesetzten Puncten des Drahtringes möglichst nahe stehen; wird in dieser Lage jedes der beyden von Seide entblößten Enden des Drahtes mit einem Gliede einer auch noch so schwachen galvanischen Kette in Verbindung gebracht, so wird die Magnetnadel sogleich aus dem magnet. Meridiane abgelenkt werden, und folglich auch mit der Ebene des Ringes oder mit den Drahtwindungen einen kleineren oder größeren Winkel machen. Nach Kämtz (in Schweigg. J. 38, 100) verstärkt ein solcher Multiplicator die Kraft eines elektr. Stromes auf die Magnetnadel so viel Mahl, als er Windungen hat: also bey 20 Windungen 20 Mahl, bey 100 Windungen 100 Mahl u. s. w. Wird der Drahtbund zu einem Ovale gezogen, so läßt sich leichter eine längere Magnetnadel darin anbringen.

Schweigger hat auf Nobili's Veranlassung die Empfindlichkeit seines Multiplicators oder Galvanometer's noch gesteigert: er windet den mit Seide übersponnenen Kupferdraht in der Richtung a b c d e f g h (Fig. 66), wodurch zwey Schleifen senkrecht über einander gebildet werden, in denen die Windungen entgegengesetzte Richtung haben. Durch beyde Schleifen geht die sehr leichte, senkrechte Achse x y (eine Strohhalm), woran die zwey Magnetnadeln N S u. s n so befestigt sind, daß sie mit ihren gleichnahmigen Polen nach entgegengesetzter Richtung zeigen, mithin zusammen eine Art von astatischer Magnet-

nadel (§. 209*) darstellen, und daß eine der Magnetnadeln in der Mitte der oberen, die andere in der Mitte der unteren Drahtschleife sich befindet. Der die Achse vorstellende Strohhalm xy ist entweder an dem Seidenfaden op, der unten bey o ein kleines Kartenpapierscheibchen trägt, aufgehängt, oder um eine andere durchgesteckte, isolirende Achse leicht drehbar. Bey x kann an dem Strohhalme auch ein kleiner Zeiger angebracht seyn, der an einer wagrechten, eingetheilten Papierscheibe die Grade der Abweichung angibt (Schweigg in s. J. 31, 2 und 45, 256). Um die Empfindlichkeit dieses Instrumentes leicht zeigen zu können, löthet man an das eine Drahtende gewöhnlich eine kleine Kupferscheibe, an das andere eine eben so kleine Zinkscheibe: legt man auf die Kupferscheibe eine nasse Scheibe von Fließpapier, und auf diese die Zinkscheibe, so weicht die Magnetnadel schon um viele Grade ab, wenn auch die Scheiben nur wenige Linien im Durchmesser haben. Becquerel's Galvanometer mit drey Multiplicatoren und drey schief über einander angebrachten Magnetnadeln ist minder einfach und empfindlich (Schweigg. J. 40, 405). Bald nach Schweigger kamen auch Poggendorf in Berlin (Gilb. A.) und Cuming in Cambridge (Schweigg. J 40, 328) auf die Idee der Construction von elektromagnetischen Condensatoren oder Multiplicatoren.

221. Da nach Ampere's Ansicht ein Magnet seine Kraft bloß elektr. Strömen verdankt, die seine Achse in Ebenen senkrecht auf dieselbe umkreisen, und da die Achse eines spiralförmig zu einer hohlen Schraube gewundenen Schließungsdrahtes ebenfalls von solchen elektr. Strömen umkreiset wird: so muß die letztere in allen Beziehungen einen (Longitudinal-) Magnet darstellen, d. h. nicht nur zwey solche Schließungsdrähte müssen sich gegen einander wie zwey Magnete verhalten; sondern ein solcher Schließungsdraht muß auch auf einen andern gewöhnlichen Magnet wie eine Magnetnadel wirken, und er muß durch den Einfluß des Magnetismus der Erde dieselben Veränderungen, wie die letztere, erfahren.

222. Da die elektr. Ströme in einem gewöhnlichen Magnete eine solche Richtung haben, daß sie bey seiner Lage in der magnetischen Linie (den Nordpol nach Norden gerichtet) unten von Osten nach Westen, oben von Westen nach Osten, also, wenn der am Südpole des Magnets stehende Beobachter gegen den Nordpol desselben sieht, unten von der Rechten zur Linken, oben von der Linken zur Rechten fließen: so muß eine rechts gewundene Drahtschraube ihren Nordpol an dem jener Gegend zugekehrten Ende bekommen,

wohin die + E. fließet, eine links gewundene Drahtschraube dagegen an jenem Ende, bey welchem die + E. eintritt. An die beyden Enden solcher Drahtschrauben hängen sich, so lange E. durch dieselben fließt, Eisenfeilspäne an, wie an die Pole der gewöhnlichen Magnete; Eisenfeilspäne werden auf dem damit bestreuten und wagrecht darüber gehaltenen Papiere zu den gewöhnlichen magnetischen Figuren (§. 206*) geordnet. Macht man zwey solche von elektr. Strömen durchflossene Drahtschrauben höchst beweglich, so stoßen sich die gleichnahmigen Pole derselben ab, die ungleichnahmigen hingegen ziehen sich an, verhalten sich also gegen einander genau so, wie zwey Magnete. — Nähert man dem Pole eines solchen drahtschraubenförmigen Elektromagnetes den gleichnahmigen eines gewöhnlichen Magnetes, so entfernt er sich, im Gegentheile wird er von dem ungleichnahmigen Magnetpole angezogen. — Der Erdball, als ein großer Magnet, der seine magn. Eigenschaft elektr. Strömen verdankt, die sich parallel mit dem magn. Aequator von Osten gegen Westen bewegen, muß einen von E. durchströmten Schraubendraht, und überhaupt jeden Schließungsdraht so drehen, daß die denselben durchströmende + E. an der der Erde zugekehrten Seite mit den elektr. Strömen des Erdballs in der nähmlichen Richtung, also ebenfalls von Osten nach Westen fließt: in einer rechts gewundenen Spirale ist dieß aber nur dann der Fall, wenn ihr Nordpol (dem eben Erwähnten zu Folge das Ende, wo der elektr. Strom austritt) nach dem magnet. Nordpole der Erde gerichtet ist.

Zur Versinnlichung der magnet. Eigenschaften einer den Volta'schen Apparat schließenden Drahtschraube bedient sich Ampere folgenden Apparates (Fig. 67). Um die zwey bey c zweckmäßig verbundenen Glasröhren a d und f b ist ein Messingdraht so gewunden, daß er bey d in die eine Glasröhre eintritt, bey a wieder herauskömmt, nun an der äußeren Oberfläche der Glasröhre spiralförmig zurückgewunden wird, an die äußere Fläche der zweyten Glasröhre übertritt, dort seine Windungen nach derselben Richtung fortsetzet, bey b in diese zweyte Glasröhre eindringt, bis f zurückläuft, sich dort aufwärts krümmet, und mit einer feinen, abwärts gebogenen Stahlspitze in dem Quecksilbergefäße o aufstehet. Das erste Ende desselben g tauchet ebenfalls in den Becher mit Quecksilber p. Wird p mit dem positiven, o mit dem negativen Pole eines Volta'schen Apparates verbunden, so durchläuft die + E. eine links gewundene Spirale, deren Nordpol daher in a seyn wird. Nach Ampere unterscheidet sich ein solcher Drahtschrauben-Magnet von einem gewöhnlichen Magnete bloß darin

daß der erste seine Pole genau an den beyden äußersten Enden seiner Längenachse hat, während sie bey dem letzteren etwas von den Enden weg gegen die Mitte zu gerückt sind (§. 202*). Auch lassen sich nach ihm einige Erscheinungen besser erklären, wenn man die elektr. Ströme in Ebenen senkrecht auf die Achse des Magnets nicht concentrisch um diese Achse (als ihren Mittelpunct), sondern um jedes Partikelchen (*molecule*) des Magnets kreisen läßt. — Die richtende Kraft des Erdmagnetismus auf einen Schließungsdraht kann man am besten an einem Schweigger'schen Multiplicator zeigen. Wird um die Peripherie der Pappscheibe A (Fig. 68) ein mit Seide übersponnener Kupferdraht mehrmahls gewunden, wird das eine von Seide entblößte Ende des Kupferdrahtes an die feine Stahlspitze a, das andere Ende an die ähnliche Spitze b gelöthet, stehet die untere dieser zwey Stahlspitzen, welche die Enden einer senkrechten Achse der Scheibe vorstellen, in einem Tropfen Quecksilber des Grübchens b, reicht die obere durch eine feine Oeffnung bis in das Grübchen c des Hälters B, worin sich ebenfalls ein Quecksilbertropfen befindet, und wird Alles so eingerichtet, daß die Scheibe um die senkrechte Achse ab leicht beweglich ist: so wird, wenn man den einen der zwey Pole eines Volta'schen Apparates mit dem Quecksilber in b, den andern mit jenen in c verbindet, sich die ganze Scheibe senkrecht auf den magnet. Meridian stellen. Ist der Draht so gewunden, daß die bey a eintretende + E. den Weg durch xby nehmen muß, so wird y nach Westen gerichtet seyn, und der elektr. Strom wird in dem unteren Theile der Scheibe eben so von Osten nach Westen fließen, wie der elektr. Strom des Erdballs; fließt die + E. von a durch ybx, so wird sich y nach Osten richten, weil auch dann der elektr. Strom in dem Kupferdrahte am unteren Theile der Scheibe und auf der Oberfläche der Erde dieselbe Richtung haben. De la Rive hat den Multiplicator-Ring dadurch freybeweglich gemacht, daß er ihn auf zwey durch eine Korkscheibe gesteckte Metallstreifen anlöthete, wovon der eine von Kupfer, der andere von Zink war, und den Apparat dann auf säuerlichem Wasser schwimmen ließ (§. 217*). Zur Vermehrung der Wirksamkeit war der noch ein Mahl so lange Kupferstreif um den Zinkstreif aufgebogen: Fig. 69 zeigt den so veränderten Apparat. De la Rive hat zu demselben Zwecke noch einen andern Apparat ausgedacht: durch die Korkscheibe A (Fig. 70) reicht der Kupferstreif K und der Zinkstreif Z. An dem Kupferstreife ist oben bey a ein Messingdraht gelöthet, der gerade bis nach b läuft, hier in Spiralen sich um das erst genannte gerade Stück wie um eine Achse zurückwindet, dann noch die Schraube cd bildet und in ihrer Achse wieder gerade zurück bis nach c läuft, wo dieses Ende an das Zink gelöthet ist. Wird dieser Apparat auf saures Wasser gesetzet, so wird er durch den Kork darauf schwimmend erhalten, so daß bloß die zwey

Streifen K und Z eintauchen: die elektromotorische Wirkung fängt sogleich unter Gasentwicklung an, und der Apparat drehet sich so, daß, nach der Richtung der Windungen, entweder das Ende b oder d nach Norden zeigt. Die durch die Gasentwicklung hervorgebrachte Bewegung macht an diesen schwimmenden Apparaten, die man übrigens auch, um die Anziehung und Abstossung gegen die Pole eines gewöhnlichen Magnets zu zeigen, brauchen kann, die Resultate etwas unsicher. Aehnliche an einem ungedrehten Seidenfaden aufgehängte Apparate findet man von Raschig beschrieben in Gilb. A. 69, 256 (um eine dünngeschabte Federspule windet sich spiralförmig ein mit Seide übersponnener feiner Metalldraht; an der Federspule hängt mittelst zweyer Seidenfäden ein sehr kleiner und dünner, mit Zinkvitriollauge gefüllter Silberbecher, in welchem (wie in Wollaston's galv. Feuerzeuge §. 181*) ein Stückchen Zinkblech isolirt befestigt ist; das eine Ende des Metalldrahtes ist an das Zinkblech, das andere Ende an das Silber gelöthet; die ganze Vorrichtung ist mittelst eines durch die Federspule gezogenen ungedrehten Seidenfadens, dessen beyde Enden über der Mitte der Spule durch einen Knoten zu Einem Faden vereinigt sind, so aufgehängt, daß die Federspule eine horizontale Lage hat, worin sie nun sich in die Declinationslinie stellt), von Erman in Gilb. A. Aehnliche Apparate von Ampere in Gilb. A. 72, 13, von Schweigger in d. J. Um zu zeigen, daß sich ein Schließungsdraht senkrecht auf die magnetische Neigungslinie stellet, muß man einen Multiplicator um eine horizontale Achse höchst leicht beweglich machen, wie es Fig. 71 zeigt.

223. Faraday bemerkte bey der Wiederhohlung der Oersted-Ampere'schen Versuche der Erste an den beyden Polen der Magnetnadel das oben §. 216 als allgemeinsten Ausdruck der elektr. magnetischen Bewegungen angegebene Bestreben, in entgegengesetzter Richtung um den Schließungsdraht zu kreisen. Zur Bestätigung dieser Beobachtung suchte er den Schließungsdraht und die Magnetpole in Verhältnisse zu setzen, worin sie jenem Streben ungehindert folgen könnten. Dieses war nur dann zu erreichen, wenn der Schließungsdraht mit jedem Pole des Magnets einzeln in Wechselwirkung gebracht wurde. Zu diesem Zwecke dient der in Fig. 72 abgebildete kleine Apparat. In die 3 bis 5 Zoll lange, 1 bis 1,5 Zoll weite, unten und oben mit Kork verstopfte, und einige Linien hoch mit Quecksilber gefüllte Glasröhre ab tritt durch den oberen Kork der positive Polardraht cd eines Volta'schen Apparates, der bey d eine Schlinge bildet, in welche ein Platindraht ef leicht beweglich eingehänget ist; der letztere taucht bey f in das Quecksilber und trägt,

damit er leichter schwimme, an dem Puncte, bis auf welchen er eintauchen soll, ein kleines Knöpfchen von Horn. Durch den unteren Korkstöpsel ist der cylinderische Magnetstab sn gesteckt, so daß er mit dem oberen Pole nur etwas über das Quecksilber emporragt. Verbindet man den Magnetstab bey s mit dem negativen Pole des Volta'schen Apparats, so läuft der Platindraht ef sogleich um den emporragenden Magnetpol so lange herum, als die Schließung dauert. Kömmt der elektr. Strom, wie in dem beschriebenen Falle, durch den Draht ef herab, so läuft der Draht in demselben Sinne um den Nordpol, in welchem dieser von seinen eigenen elektr. Strömen umkreiset wird; ist aber der Magnet bey s mit dem + Pole der Säule verbunden, und kömmt der Draht cd vom negativen Pole, steigt also die + E. in dem Drahte fe empor, so läuft der letztere in entgegengesetztem Sinne um den Nordpol des Magnets. Kehrt man den Magnet um, und läßt man den Südpol desselben über das Quecksilber emporragen, so geschieht bey der nähmlichen Richtung des elektr. Stromes das Umlaufen in entgegengesetztem Sinne. Bringt man auf ähnliche Art neben einem festen Schliessungsdrahte einen beweglichen Magnetpol an, so kreiset der letztere um den ersteren, wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man den Polardraht cd ohne Unterbrechung bis in das Quecksilber verlängert, in diesem aber die an dem Einen Pole mit Platin beschwerte Magnetnadel senkrecht so schwimmen läßt, daß nur der andere Pol aus dem Quecksilber emporragt.

Durch den unteren Korkstöpsel kann man statt des Magnetes einen weichen Eisendraht stecken, und dessen aus dem Quecksilber emporragendes Ende nach Belieben zum Nord- oder Südpole machen, je nachdem man dessen unteres Ende mit dem Nord- oder Südpole eines Magnetes in Berührung bringt (§. 204). In dem Apparate Fig. 73 bewegt sich in dem mit Quecksilber gefüllten Gefäße A der Nordpol des beweglichen Magnetes NS um den unbeweglichen Schließungsdraht cd, und in dem Gefäße B der bewegliche Schließungsdraht ef um den Nordpol des unbeweglichen Magnetes sn, wenn der Kupferdraht a mit dem positiven, der Kupferdraht b mit dem negativen Pole einer thätigen Volta'schen Batterie verbunden wird. Der durchbohrte Boden beyder Glasgefäße ist mit einer Kupferplatte geschlossen, und stehet auf einer andern Metallplatte, an welche die gebogenen Kupferdrähte a und b gelöthet sind. Der Magnet sn steckt in dem kupfernen Rohre x, der Magnet NS dagegen ist mittelst des sehr feinen Platindrahtes i an den Kupfercylinder y befestigt. Daß opqr als

ein Theil des Schließungsdrahtes von Metalle und auf seinem Gestelle isolirt seyn müsse, verstehet sich. — In Fig. 74 stehet auf dem Einen Pole des Magnetes NS die mit Quecksilber gefüllte Porzellanschale AB, in welcher die heberförmig gebogene und mit beyden Enden aus dem Quecksilber emporragende Glasröhre cde angekittet ist. Diese Glasröhre ist ebenfalls mit Quecksilber gefüllt, und trägt an ihrem Ende e die mittelst eines Korkes befestigte, mit dem Oehre in das Quecksilber der Röhre tauchende Nähnadel hg. Auf der Spitze dieser Nähnadel ist nach Art einer Magnetnadel mittelst des Hütchens p und des verschiebbaren Gegengewichtes v der Messingdraht mn äquilibrirt, der mittelst eines bey n angelötheten Platindrahts no bis ins Quecksilber der Schale reicht. Bringt man das Quecksilber der Glasröhre bey c mit dem einen Polardrahte, das Quecksilber der Schale mit dem andern Polardrahte fg einer Volta'schen Batterie in Verbindung, so wird der Draht mno in ein unterbrochenes Drehen versetzt werden, welches bey Verwechslung der Polardrähte oder des Magnetpols die Richtung verändern wird. — Um die Pole eines durch einen elektr. Strom magnetisirten Schraubendrahtes kreiset ein freybeweglicher gerader Schließungsdraht wie um die Pole eines gewöhnlichen Magnetes. Zur Bewirkung des Drehens eines Schließungsleiters um einen andern bedient sich Ampere des in Fig. 75 abgebildeten Apparates. Auf dem Fußgestelle A kann das flache, kupferne oder zinkene mit säuerlichem Wasser gefüllte Gefäß B, mittelst der durch die drey ausgebogenen kupfernen Füsse CC′C″ gehenden Schrauben horizontal gestellt werden. An einen der Füsse C ist das mit Quecksilber gefüllte kupferne Schälchen z gelöthet. In der Mitte ist das Gefäß sammt dem Fußgestelle durchbohrt, und in die Oeffnung die Röhre abc gelöthet, welche so hoch wie die äußere Wand des Gefäßes B ist. In dieser Röhre steckt ein Kork, durch welchen mit Reibung der senkrechte Messingdraht DD′ gehet, der unten in ein Schälchen mit Quecksilber y tauchet, und in der Vertiefung des schälchenförmig ausgeweiteten oberen Endes ebenfalls etwas Quecksilber trägt. In diesem oberen Schälchen stehet mittelst der feinen Stahlspitze x der zwey Mahl rechtwinklich gebogene Kupferdraht EFGH, an dessen beyde Arme zu unterst der zinkene Ring JJ′J″ gelöthet ist, so daß dieser in der säuerlichen Flüssigkeit des Gefäßes B frey schwebet. Um die äußere Peripherie des Gefäßes B ist 10 bis 20 Mahl ein schmaler, mit Seide umwickelter Kupferstreif gewunden, der mit dem einen seiner entblößten Enden in das Quecksilber des Schälchens z, mit dem andern in jenes des isolirten Bechers w taucht. Wird nun das Quecksilber in der Schale y mit dem positiven, jenes in dem Becher w aber mit dem negativen Polardrahte einer thätigen Volta'schen Säule in Verbindung gebracht, so strömt die + E. durch DD′, an den Armen des rechtwink-

sich gebogenen Kupferdrahts EF und GH herab in den Zink-Ring JJ′J″, aus diesem durch das säuerliche Wasser in den äußeren Rand des Gefäßes B, folglich auch in das mit selbem in leitender Berührung stehende Quecksilber der Schale z, dann durch die Windungen des mit Seide umwickelten Kupferstreifes in das Quecksilber des Bechers w, welches mit dem negativen Polardrahte in Verbindung stehet. So bald die Schließung auf die beschriebene Weise hergestellet ist, fängt der um die Spitze x bewegliche Theil des Apparates, d. h. der an dem rechtwinklich gebogenen Drahte hängende Zink-Ring JJ′J″ sich zu drehen an, entweder rechts oder links, je nachdem y mit dem positiven und w mit dem negativen Polardrahte, oder umgekehrt verbunden, und je nachdem das innere oder äußere Ende des mit Seide übersponnenen Kupferstreifes in das Schälchen z getauchet ist, mit einem Worte, je nachdem in diesem Kupferstreife der elektr. Strom rechts oder links fließet. Läßt man bey diesem Apparate den mit Seide umwickelten Kupferstreif weg, schließt man den Volta'schen Apparat in den Schälchen y und z, steckt man durch den Kork der mittleren Röhre abc einen senkrechten Magnetstab, so daß er mit dem einen Pole in das Quecksilber des Schälchens y, mit dem andern Pole aber bis über den Rand abc reichet, schraubt man in den letzteren den oberen Theil des Messingdrahtes, welcher das Schälchen mit Quecksilber bey x trägt: so bewegt sich der Zink-Ring JJ′J″ ebenfalls um den Magnetpol, und zwar rechts oder links, nach Verschiedenheit des Magnetpoles und der Richtung des elektr. Stromes. Läßt man sowohl den mit Seide umwickelten Kupferstreif als auch den Magnet in der Mitte weg, und schließt man die Volta'sche Batterie in y und z: so wirkt auf die durch die beweglichen Theile des Schließungsleiters strömende E. bloß der Magnetismus der Erde, d. h. der elektr. Strom, der den Erdball parallel mit dem magnet. Aequator, also in einer auf die Richtung der Neigungsnadel senkrechten Ebene (welche bey uns mit dem Horizonte einen Winkel von etwas über 20° macht) von Ost nach West umkreiset, und bewirkt ebenfalls ein Umdrehen des Zink-Ringes JJ′J″, welches aber viel langsamer als in den beyden vorigen Versuchen geschieht. Faraday suchte das Kreisen eines beweglichen Schließungsdrahts um den Nordpol der Erde in einer Richtung senkrecht auf den elektr. Strom, in einer Ebene senkrecht auf die magnetische Neigung, in einem Kreise, der die Entfernung des beweglichen Schließungsleiters von dem Nordpole der Erde zum Halbmesser hat, noch auf andere Art, aber mit minder entsprechendem Erfolge zu beweisen. Da eine auf die magnetische Neigung senkrechte Ebene sich gegen Norden um 20° über den Horizont erhebt, und gegen Süden um 70° unter den Horizont neigt, so muß ein Schließungsdraht beym Kreisen um den Nordpol der Erde, wenn er seine Richtung gegen Norden nimmt,

ansteigen, wenn er dagegen seine Richtung gegen Süden nimmt, herabsteigen, im ersten Falle also leichter, im zweyten schwerer werden: Nebenumstände bey den Versuchen, um dieses nachzuweisen, verstatteten aber kein genügendes Resultat (Gilb. A. 72, 125).

Auch Achsendrehung eines Magnets oder eines beweglichen Schliessungsleiters durch die wechselseitige Einwirkung auf einander brachte Ampere hervor. In Fig. 76 stellet AA ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß vor, in welches ein an dem horizontalen Arme C des Messinggestelles B befestigter kupferner Ring (oder vielmehr eine sehr kurze kupferne Röhre) ghi taucht, der nur wenig enger als das Glasgefäß A ist. In der Mitte des Quecksilbers schwimmt ein an dem einen Pole S durch eingeschraubtes Platin beschwerter Magnetstab SN senkrecht so, daß er mit dem andern Pole N, an dem sich ein senkrechtes mit Quecksilber gefülltes Grübchen befindet, nur etwas über das Quecksilber emporragt. In das Quecksilber des oberen Grübchens reicht das spitzige Ende des gebogenen Messingdrahts DEFG, welcher gedrängt durch den Kork h gehet, und mit dem andern Ende in das Quecksilber des Schälchens i tauchet. Verbindet man i mit dem positiven, das am Messinggestelle angelöthete Quecksilberschälchen k mit dem negativen Ende eines thätigen Volta'schen Apparates, so fließet die + E. durch GFED in den Magnet, aus diesem durch das Quecksilber in den kupfernen Ring, und dann weiter nach k, wobey der Magnet, so lange dieses Strömen dauert, sich um seine Achse drehet. Läßt man statt des Magnets einen kupfernen, unten mit Platin beschwerten Cylinder senkrecht in dem Quecksilber schwimmen, und statt des Theiles ED des Schließungsdrahts den in das isolirende Gestelle or eingeschraubten Magnetstab ns mit dem unteren zugespitzten Pole s in das mit Quecksilber gefüllte Grübchen am obersten Ende des schwimmenden Kupfercylinders, den Leitungsdraht ED dafür in das am oberen Pole des Magnets ns bey n befindliche, mit Quecksilber gefüllte Grübchen tauchen: so drehet sich beym Durchströmen der E. der Kupfercylinder, also ein beweglicher Theil des Schließungsdrahtes, um seine Achse.

224. Davy untersuchte das Verhalten flüssiger Elektricitätsleiter bey gleichzeitiger Einwirkung eines elektr. Stromes und eines Magnetes. Wenn senkrecht auf die Oberfläche einer mehrere Linien dicken Lage Quecksilbers zwey Metalldrähte in einigem Abstande von einander mit den Spitzen getaucht wurden, und wenn jeder derselben mit Einem Pole einer Volta'schen Batterie verbunden wurde; so fing das Quecksilber an, sich um die Drähte wie um eine Achse zu drehen, so bald man einen Pol eines starken Magnetes über oder unter die Drähte hielt; die Geschwindigkeit dieses Drehens wurde

sehr vermehrt, wenn man den Pol eines starken Magnetes über, und zugleich den entgegengesetzten Pol desselben zweckmäßig gebogenen, oder auch eines andern gleich starken Magnets, unter den Draht hielt. Wurde der Magnetpol dem Quecksilber in der Mitte zwischen beyden Drähten genähert, so hörte das Drehen auf; dafür entstanden im Quecksilber Ströme nach entgegengesetzter Richtung, nähmlich der eine rechts, der andere links vom Magnete. Wurden in den mit zwey Löchern versehenen Boden einer flachen Glasschale zwey senkrechte, 0,17 Zoll dicke Metalldrähte so gekittet, daß sie 3 Zoll von einander entfernt waren, und nur einige Linien über den Boden in die Schale emporragten, wurden die Drähte so mit Siegellack überzogen, daß nur ihr oberstes, breites, gut polirtes Ende frey blieb; wurde darauf in die Schale so viel Quecksilber geschüttet, daß dieses die polirten Drahtenden mehrere Linien hoch bedeckte, wurde endlich jedes der zwey andern Drahtenden unter dem Schalenboden mit einem Pole eines Volta'schen Apparates in Verbindung gesetzet: so gerieth das Quecksilber alsogleich in lebhafte Bewegung, indem es sich über jedem Drahte zu einem schmalen, 2 bis 3 Linien hohen Kegel erhob, von dem sich nach allen Richtungen Wellen verbreiteten, so daß nur in der Mitte zwischen den zwey Kegeln, wo die entgegengesetzten Wellen von beyden zusammentrafen, Ruhe herrschte. Wurde der Pol eines solchen Magnetes einem solchen Kegel bis auf einige Zoll genähert, so fing er an niedriger aber dafür breiter zu werden, und die Wellenbewegung wurde schwächer; diese Wirkung nahm mit der größeren Annäherung des Magnetpols zu, so daß das Quecksilber ganz eben wurde; in diesem Zeitpuncte ging auch die Undulation des Quecksilbers in eine drehende Bewegung um den Polardraht über; bey noch größerer Annäherung des Magnetpols entstand dort, wo früher der Kegel gestanden hatte, ein Trichter (eine konische Vertiefung) in dem Quecksilber, welcher bey 0,5 Zoll Abstand des Magnetpols so tief wurde, als früher der Kegel hoch gewesen war, und beynahe bis auf die polirte Oberfläche des Drahtendes reichte, indem zu gleicher Zeit die Geschwindigkeit, mit der sich das Quecksilber um den Draht bewegte, zunahm. Die Richtung, in welcher das Quecksilber um den Schließungsdraht kreisete, hing von denselben Umständen ab, wie jene, in welcher sich ein beweglicher Schließungsdraht um einen Magnetpol bewegt, nähmlich von der Art des Poles des genäherten Magnets, und von der

Art der aus dem Drahte ins Quecksilber strömenden Elektricität. Geschmolzenes Zinn verhält sich unter den nähmlichen Umständen genau wie Quecksilber (Davy in Schweigg. J. 40, 332).

Aehnliche Bewegungen bemerkte Herschel, indem er in einer flachen Schale reines Quecksilber mit einer Säure übergoß, und die Polardrähte einer galv. Batterie in einiger Entfernung von einander so in die Säure tauchte, daß sie das Quecksilber nicht berührten (Herschel über Bewegungen flüssiger Leiter durch E.; in Schweigg J. 42, 118; und 44, 177; 48, 246. Pfaff über galv. Strömungen als Ursachen merkwürdiger Bewegungen in Quecksilber und in andern Flüssigkeiten. Schweigg. J. 48, 246). Barlow bemerkte, daß ein von dem Polardrahte einer Volta'schen Säule senkrecht herabhängender und in Quecksilber, welches mit dem andern Pole der Volta'schen Säule in leitender Verbindung stand, tauchender Kupferdraht, alsogleich aus dem Quecksilber geworfen wurde, wenn man einen Magnetpol hineintauchte; daß er wieder zurückfiel, weil durch seine Entfernung aus dem Quecksilber die Leitung, und damit auch der elektr. Strom unterbrochen wurde; daß er aber dann sogleich wieder herausgeworfen wurde u. s. w, und daß dieß abwechselnde Herauswerfen und Zurückfallen so lange fortdauerte, als der Magnetpol in dem Quecksilber und der Volta'sche Apparat in gutem Gange blieb. Darauf gründete er die Einrichtung seines durch Elektromagnetismus beweglichen Rades (Fig. 77). Der Kupferdraht a bildet nähmlich eine Gabel, deren senkrechte Schenkel an den äußersten schälchenförmig vertieften Enden wagrecht umgebogen sind. Die Schälchen sind mit Quecksilber gefüllt und haben seitwärts nach Innen einen feinen Ausschnitt, welcher den Zapfen der Achse des gleich zu beschreibenden Rades zur Pfanne dienet. Das Rad ist aus dünnem Kupferbleche und hat durch tiefe Ausschnitte von dem Rande gegen die Mitte zu eine sternförmige Gestalt. Die Zapfen der durch seinen Mittelpunct gehenden wagrechten Achse liegen in den vorerwähnten Ausschnitten der Schälchen und berühren das Quecksilber. Das senkrechte Rad, welches um seine wagrechte Achse leicht beweglich ist, wird mit der ganzen Vorrichtung so gestellt, daß die Spitze der senkrecht nach unten gerichteten Zacke (Speiche) in das Quecksilber taucht. Wird nun durch den Kupferdraht und das Quecksilber eine Volta'sche Batterie entladen, und zugleich der Pol eines Magnets neben die Speiche des Rades in das Quecksilber getaucht; so wird die Speiche aus dem Quecksilber geworfen, eine andere Speiche taucht dafür ein, wird gleich wieder nach derselben Richtung herausgeworfen, und so bewegt sich das Rad um seine Achse mit einer so schnell zunehmenden Geschwindigkeit, daß das Auge kaum folgen kann. Bey diesem Versuche müssen die Zacken des Rades durch Bestreichen mit sal-

petersaurer Quecksilberlösung amalgamirt seyn, und die Oberfläche des Quecksilbers muß durch eine Schichte schwacher Salpetersäure rein erhalten werden. Die letzte Vorsicht ist bey allen früher beschriebenen Versuchen, wo Quecksilber mit ins Spiel kömmt, anzuempfehlen, um die Oberfläche des letzten rein von Oxyd zu halten; so wie es gut ist dort, wo in einer Elektricitätsleitung die Enden zweyer Metallstücke zusammengefügt sind, diese zu amalgamiren, um eine genauere Metallberührung zu erzwecken.

225. Da man an der Ablenkung der Magnetnadel durch den elektr. Strom, vorzüglich in dem Schweigger'schen Multiplicator, ein sehr empfindliches Entdeckungsmittel für strömende E. gewonnen hatte, so konnte man sich damit von der Anwesenheit der letzteren überzeugen, wenn sie sich auch, wegen Mangel an Spannung, jeder andern Wahrnehmung entzog, und dadurch lernte man wieder Mittel kennen, die E. gewisser Körper, wie z. B. der Metalle, welche (ohne Einwirkung fremder E. von Außen) wegen ihres guten Leitungsvermögens auf ihrer Oberfläche oder in ihrer Masse gar keine Spannung oder ungleiche Vertheilung der E. zulassen, in strömende Bewegung zu versetzen. So zeigte Seebeck durch sehr merkwürdige Versuche, daß in einem aus zwey verschiedenartigen, an ihren beyden Enden verbundenen Metallstücken zusammengesetzten Bogen, wenn nur die eine Verbindungsstelle erwärmt oder erkältet wird, die Magnetnadel eine solche Ablenkung erleidet, wie durch einen den genannten Bogen durchfließenden elektr. Strom; daß aber die Magnetnadel ganz ruhig bleibt, wenn beyde Verbindungsstellen gleich erwärmt oder erkältet werden; daß die Stärke und die Richtung der Ablenkung nicht immer gleich, sondern von der Natur der zwey verbundenen Metalle, von dem Grade der Erhitzung oder Erkältung (mit einem Worte, von der Größe der Temperatur-Differenz) abhängig sind, und daß die Richtung der Ablenkung noch überdieß durch die Lage der zwey Metalle gegen einander bestimmt wird. Seebeck hat nach Versuchen die Metalle und einige ihrer Verbindungen in folgende Reihe geordnet, in welcher jedes Metall mit einem ihm nachstehenden Metalle verbunden den Nordpol der im Innern des Bogens schwebenden Magnetnadel westlich, mit einem ihm vorstehenden Metalle verbunden aber östlich ablenket: Wißmuth, Nickel, Kobalt, Palladium, reines Platin, Uran, reines Kupfer, Mangan, Titan, Messing, Quecksilber,

Bley, Zinn, Chrom, Molybdän, Rhodium, Iridium, Gold, Silber, Zink, Wolfram, Cadmium, Stahl, reines Eisen, Arsen, Antimon, Tellur. Das Wismuth-Ende dieser Reihe heißt Seebeck das östliche (negative), das Tellur-Ende hingegen das westliche (positive). — Später fand Seebeck zu gleicher Zeit mit Yelin, daß Ringe sowohl als Stangen selbst aus Einem Metalle bey stellenweiser Erwärmung die in ihnen strömende E. durch Ablenkung der Magnetnadel zu erkennen geben. Den Inbegriff der durch Temperatur-Differenz erzeugten magnet. Erscheinungen sucht man von den durch die gewöhnlichen hydroelektrischen Apparate hervorgebrachten, durch die Benennung des Thermomagnetismus zu individualisiren.

Von dem Einfluße der Temperatur auf die Berührungs-Elektricität ist bereits §. 175* Erwähnung geschehen. Die thermoelektr. Versuche lassen sich am besten anstellen, wenn man eine 6 bis 8 Zoll lange, ½ bis 1 Zoll dicke gegossene Stange von Wismuth A B (Fig. 78), an ihren reingeschabten Enden mit den beyden, ebenfalls ganz blank gescheuerten Enden des Kupferdrahtes c d e f umwickelt und dem letzteren dann durch Biegen die in der Figur angezeigte, oder auch eine andere bogenförmige Gestalt gibt. Da es hier auf die vollkommenste unmittelbare Berührung der beyden Metalle ankömmt, so ist es noch besser, die Form, worin die Wismuthstange gegossen wird, so einzurichten, daß die Enden des Kupferdrahtes an den bestimmten Stellen gleich mit in das Wismuth eingeschmelzt werden. Hält man diese Vorrichtung mit dem Wismuthe nach unten, parallel in den magnet. Meridian, und erwärmt man die nach Süden gekehrte Verbindungsstelle A des Wismuthes mit dem Kupfer mittelst einer Weingeistlampe, so wird die innerhalb des Bogens, z. B. in g oder in h, frey schwebende Magnetnadel mit dem Nordpole nach Westen, außerhalb des Bogens aber, z. B. in i oder K, nach Osten abgelenkt werden. Dem zu Folge muß an der erwärmten Stelle die + E. von dem Wismuthe in das Kupfer übergehen, und sich also in der Richtung A f e d c B wieder nach A bewegen. Verfährt man mit einer gleichen Vorrichtung, worin aber statt der Wismuthstange sich eine Antimonstange befindet, bey der nähmlichen Stellung derselben genau auf die nähmliche Weise, so weicht die Nadel innerhalb des Bogens nach Osten und außerhalb nach Westen ab; folglich gehet hier an der erwärmten Stelle die + E. vom Kupfer zum Antimon, und bewegt sich in dem Bogen von A durch B c d e f nach A. In einer thermoelektrischen Kette verhält sich also Kupfer gegen Wismuth positiv, gegen Antimon aber negativ; deßwegen kann man das östliche oder Wismuth-Ende der Reihe auch das nega-

tive, das westliche oder Antimon-Ende aber das positive heißen. Hält man die ganze Vorrichtung nicht senkrecht, sondern wagrecht in den magnetischen Meridian, d. h. so, daß dB nach Norden, eA nach Süden, de nach Osten, und AB nach Westen sieht, so weicht die Magnetnadel, wenn ab Wismuth ist und a erwärmt wird, unter ed nach Westen, unter AB nach Osten; wenn aber AB Antimon ist, unter ed nach Osten und unter AB nach Westen ab. Zwey Metalle verhalten sich als Elektricitäts-Erreger durch bloße Temperaturs-Differenz um so wirksamer, d. h. lenken bey dem nähmlichen Temperaturunterschiede die Magnetnadel um so mehrere Grade ab, je weiter sie in der oben angeführten Reihe von einander abstehen, also Wismuth und Antimon als die äußersten Glieder jener Reihe am allerwirksamsten. Durch Verunreinigung selbst mit sehr kleinen Quantitäten fremder Körper wird ein Metall öfters von einem Ende der Reihe bis nahe an das entgegengesetzte geworfen, so daß der Thermomagnetismus ein Mittel zur vorläufigen Prüfung der Metalle auf ihre Reinheit darbiethet: in Seebeck's Versuchen nahm reines Platin den fünften Platz gleich hinter Palladium ein, der Deckel eines öfters gebrauchten Platintiegels aber stellte sich auf den 29sten Platz erst hinter Uran; Kupfer behauptete, nach den verschiedenen Graden seiner Reinheit, die 7., 12., 21. oder 27ste Stelle. Beym Uebergange in den tropfbaren Zustand rücken die Metalle dem östlichen Ende näher. Das nähmliche Stück manchen Metalles, z. B. Stahls, Roheisens u. e. a. steht, wenn es durch schnelles Abkühlen härter und spröder geworden ist, in der thermomagnetischen Reihe höher, als wenn es langsam erkaltet ist; nur eine Legirung von 0,78 Kupfer und 0,12 Zinn verhält sich umgekehrt: daher mag es auch kommen, daß die von Cumming aufgestellte Reihe mit der Seebeck'schen (die auch nur für mäßige Temperaturs-Differenzen richtig ist, indem bey sehr großen Temperaturs-Differenzen Stahl, Eisen, Bley, Zinn viel höher, Kupfer, Messing u. e. a. dagegen viel tiefer rücken) nicht ganz übereinstimmt; in Cumming's Reihe folgen nähmlich die Metalle von dem östlichsten zum westlichsten in nachstehender Ordnung: Bleyglanz, Wismuth, Quecksilber, Nickel, Platin, Palladium, Kobalt, Mangan, Zinn, Bley, Messing, Rhodium, Gold, Kupfer, Iridium und Osmium, Silber, Zink (Kohle, Graphit), Eisen, Arsen, Antimon. Befindet sich eine aus Wismuth und Antimon bestehende thermoelektr. Kette auf einer dem Eispuncte nahen Temperatur, so reicht das Erwärmen des einen Endes mittelst der berührenden Hand zur Hervorbringung der thermomagnetischen Erscheinungen hin. Wird das eine Ende, statt erwärmt, in einer Frostmischung erkaltet, so wird die Magnetnadel nach entgegengesetzter Richtung abgelenkt; am stärksten ist die Ablenkung, wenn das eine Ende erwärmt wird, während das andere sich in einer Frost-

mischung befindet. Fourier und Oersted (*Ann. de chim. et phys.* 22, 375) haben versucht, mehrere einfache thermomagnetische Ketten zu einer Art von thermomagnetischer Batterie zu verbinden, indem sie mehrere aus zusammengelötheten Antimon- und Wismuthstücken bestehende einfache thermoelektrische Ketten so zusammen lötheten, daß sich immer verschiedenartige Metalle berührten, und zusammen einen vielseitigen Ring darstellten: wenn sie immer die zweyte Löthstelle erwärmten, so erhielten sie zwar eine größere Intensität der E., vermöge welcher diese kleine Hindernisse in der Leitung leichter überwand; aber die Menge der E., von welcher doch eigentlich die magnet. Erscheinungen abhängen, wurde dadurch nicht vermehrt. Aus diesen Versuchen scheint auch zu folgen, daß die durch Temperaturs-Differenz erregte E. an Menge die gewöhnliche galv. E. eben so sehr übertrifft, und ihr an Intensität (Spannung) eben so weit nachsteht, als die gewöhnliche galv. E. der Reibungs-Elektricität an Menge vor-, und an Intensität nachgehet. Deßwegen kann man durch Thermoelektricität keine Wirkung auf den Condensator, keine Erhöhung der Temperatur in den feinsten Schließungsdrähten (durch welche sie sich ihrer geringen Spannung wegen nur äußerst langsam beweget), noch viel weniger chemische Zersetzungen hervorbringen; nur durch ihre Wirkung auf die Nerven eines frisch getödteten Frosches, dann durch die Verstärkung ihrer Einwirkung auf die Magnetnadel mittelst des Schweigger'schen Multiplicators, gibt sie ihre elektrische Natur zu erkennen. Sonderbar ist es, daß die Metalle in thermoelektrischer Beziehung eine ganz andere Reihe bilden, als in hydroelektrischer (§. 173). — Um zu zeigen, daß auch ein einziges Metall bey ungleicher Erwärmung eine thermomagnetische Kette bildet, gießet sich Seebeck einen 0,5 Zoll dicken und 5 bis 6 Zoll weiten Ring von Wismuth oder von Antimon (Fig. 79 a stellt einen Wismuthring, Fig. 79 b einen Antimonring vor), und erwärmet ihn an Einer Stelle, z. B. in a, mittelst einer schmalen Weingeistflamme. In jedem solchen Ringe fand Seebeck zwey Puncte, die sich durch kein Mittel vorher bestimmen ließen; z. B. a und b, von denen jeder bey seiner einzelnen Erwärmung die größte Polarität im Ringe entwickelte, und wieder zwey andere Puncte, z. B. c und d, bey derer einzelnen Erwärmung gar keine Polarität entstand. Wenn beyde Puncte a und b gleichzeitig erwärmt wurden, so entstand ebenfalls gar keine Polarität. Auch gegossene viereckige Stangen von Antimon oder Wismuth wurden durch Erwärmen des Einen Endes polarisch, so zwar, daß zwey diametral entgegenstehende Kanten die entgegengesetzte Polarität zeigten, die dazwischen liegenden zwey Kanten aber sich indifferent verhielten. Seebeck suchte die Ursache dieser Erscheinungen in einer Verschiedenheit des Gefüges selbst in Einem Metalle, weßwegen er auch anfänglich nur die krystallinischen Metalle,

wie Wismuth und Antimon, derselben fähig hielt; er überzeugte sich aber später, daß auch dehnbare Metalle ohne deutlich krystallinisches Gefüge der magnetischen Polarisation durch Temperaturs-Differenz fähig sind. Ohne von Seebeck's Versuchen etwas zu wissen, hat Yelin zu gleicher Zeit mit diesem die letzte Thatsache außer Zweifel gesetzt. Yelin bog einen Kupferdraht in die Form a b c d e f (Fig. 80); das Ende f wurde durch Nieten mit b möglichst genau verbunden. Wurde nun a erwärmt, d aber in Eis abgekühlt, so wich sogleich eine im Inneren des Bogens schwebende Magnetnadel von ihrer Richtung aus dem magnetischen Meridiane ab. In Hinsicht der Fähigkeit, durch Temperaturs-Differenz zu mehr oder weniger wirksamen Magnetomotoren zu werden, ordnet Yelin die Metalle in folgende Reihe, welche mit dem besten Thermomagnetomotor anfängt, und mit dem schlechtesten schließt: Wismuth, Antimon, Zink, Silber, Kupfer, Platin, Messing, Gold, Zinn, Bley. Noch deutlicher kann man den Thermomagnetismus an Einem dehnbaren Metalle zeigen, wenn man daraus einen Multiplicator macht, die beyden von Seide entblößten Enden desselben zur Vermehrung der Berührungspuncte spiralförmig windet, die Spiralwindungen an dem Einen Ende zum Glühen oder nahe bis zum Schmelzpuncte erhitzet, dann in die Spiralen des andern kalt gehaltenen Endes einwindet. — Der Thermomagnetismus oder die Thermo-Elektricität biethet eine neue Quelle zur Erklärung der magnetischen Eigenschaften des Erdballes und vieler anderen Naturerscheinungen, z. B. der Vulkane u. dergl. m. dar. (T. J. Seebeck, über den Magnetismus der galv. Kette in Schweigg. J. 37, 21; über die magnetische Polarisation der Metalle und Erze durch Temperaturs-Differenz, in Gilb. A. 82, 1, 133 und 253. Yelin, der Thermomagnetismus der Metalle, in Gilb. A. 73, 418)

226. Durch dasselbe Mittel hat Yelin auch den elektrischen Strom bemerklich gemacht, der sich bey der chemischen Einwirkung von flüssigen Säuren und Alkalien auf Metalle in den letzteren bildet. Ein 2 Fuß langer, in der Mitte 0,5 Zoll, an beyden Enden 1 Zoll breiter Staniolstreif, der genau parallel mit dem magnet. Meridan lag, wurde zuerst mit dem Nordende, darauf mit dem Südende in ein mit Salzsäure gefülltes Unzengläschen getaucht: sogleich wich der Nordpol der nur 0,25 Linien über dem Staniolstreife schwebenden, sehr empfindlichen Magnetnadel gegen Osten ab; wurde aber das Südende zuerst und das Nordende zuletzt eingetaucht, so geschah die Abweichung nach Westen. Beym Eintauchen in Phosphor-, Essig-, Weinsteinäure, in Kali-, Natron-, Salmiak-, Kochsalz-, Alaunlauge erfolgten genau dieselben, beym Eintauchen in

Schwefelsäure, Salpetersäure und in tropfbares Ammoniak aber die umgekehrten Wirkungen. Statt des Zinnes wurden nun andere Metalle auf ihr Verhalten unter ähnlichen Umständen untersucht, indem man zwey Stücke desselben Metalles mit den beyden Enden eines Multiplicators, dessen Windungen parallel mit dem magnetischen Meridiane liefen, in Berührung setzte, eins nach dem andern in eine chemisch darauf einwirkende Flüssigkeit tauchte, und die Ablenkung der Magnetnadel durch den Multiplicator bemerkte. Verschiedene Metall brachten beym Eintauchen in dieselbe Flüssigkeit, und die nähmlichen Metalle beym Eintauchen in verschiedene Flüssigkeiten, Ablenkungen von verschiedener Stärke und Richtung hervor.

Yelin änderte seine Versuche auch dahin ab, daß er den Metalldraht bog, wie ihn Fig. 81 a und b zeigt, und das Gläschen mit der Flüssigkeit langsam hob, so daß zuerst das längere Drahtende und später das kürzere eintauchte: die Magnetnadel in a und b wichen bey gleichem Vorgange nach entgegengesetzten Richtungen ab. Wurden die Drahtenden in reines Wasser getaucht, so blieb die Magnetnadel ganz ruhig, wurde aber durch eine kleine Quantität dem Wasser zugesetzter Säure und dergl. schon zum deutlichen Abweichen gebracht (Yelin: magnetomotorische Wirkung der flüssigen Säuren, Basen, Salze mittelst einfacher metallischer Leiter, in Gilb. A. 73, 361). Aehnliche Resultate haben die holländischen Chemisten van Beck und Moll erhalten (Gilb. A. 73, 436).

Obschon die Naturforscher aller Nationen sich seit dem Jahre 1820 beynahe ausschließlich mit dem Elektro-Magnetismus beschäftigt, und dadurch eine ungemeine Zahl einzelner Thatsachen gehäuft haben: so ist es doch noch keinem gelungen, eine allen diesen Thatsachen entsprechende und sie verbindende Theorie davon aufzustellen, und es scheint, als müßte man die Entdeckung neuer Erscheinungen abwarten, welche den Zusammenhang zwischen Wirkung und Ursache, oder den Weg von jener zu dieser näher bezeichnen. In dem hier Vorgetragenen ist Ampère's Ansicht zum Leitsterne gewählt worden. Oersted nimmt an, daß sich in dem Schließungsdrahte die beyden Elektricitäten in schraubenförmigen Windungen um denselben nach entgegengesetzter Richtung bewegen, und druckt sich hierüber so aus: »In dem mit Wider»stande verknüpften Zusammentreffen der entgegengesetzten elektr. Kräfte »nehmen diese eine andere Wirkungsart an, der zu Folge die + E. das »Südende der Magnetnadel abstößt, das Nordende anzieht, die — E. »das Nordende der Nadel abstößt, das Südende anzieht; aber die »Bahn der Kräfte in diesen ist nicht die gerade Linie, sondern eine »links gewundene Spirale oder Schraubenlinie.« Oersted denkt sich

also in dem Schließungsdrahte einen Kreislauf elektrischer Kräfte unter magnetischer Wirkungsform (Schweigg. J. 32, 203). Wollaston nimmt „einen eigenen elektromagnetischen Strom an, der rund um „die Achse des Schließungsdrahtes in einem Sinne sich bewegt, der „von der Richtung des durch den Draht fließenden galvanischen Stro„mes abhängt“ (Gilbert's A. 71, 140). Berzelius und Muncke geben dem Schließungsdrahte „vier magnetisch-polarische, mit sei„ner Längenachse parallel laufende Linien, derer gleichnahmige Pol„enden einander diametral entgegen stehen“ (Gilb. A. 68, 167, und 70, 146). Nach Prechtl ist der Schließungsdraht „ein vielfach po„larisirter Transversal-Magnet,“ d. h. der Schließungsdraht hat in „seinen Querschnitten sehr viele entgegengesetzte Pole aneinander lie„gen: die nach der Längen-Dimension des Drahtes liegenden Pole „binden sich wechselseitig, sind also an einander in Ruhe, und stützen „sich sämmtlich an die beyden Endpole der Säule; aber die Polari„täten der einzelnen Magnetismen treten nach den Querschnitten der „Säule hervor“ (Gilb. A. 67, 264). Durch Annahme irgend einer Polarität scheint dem Verfasser nicht Viel erklärt zu seyn, indem das Entstehen dieser Polarität eigentlich das zu Erklärende ist.

Die angeführten elektromagnetischen Gesetze werden zur Erklärung nicht nur des Nordlichtes, sondern auch mancher anderer Naturerscheinungen dienen; z. B. warum auf Schiffen, in welche der Blitz eingeschlagen hat, die Compasse entweder ihre Kraft verloren, oder ihre Polarität so umgekehrt haben, daß sie nun mit dem vorher noch Norden gerichteten Ende nach Süden zeigen, wenn auch die Compasse selbst vom Blitze gar nicht berührt worden sind; ferner warum in schwülen Sommertagen die Compasse der Feldmesser so leicht in Unordnung gerathen; endlich warum sich (nach Werner's scharfsinniger Beobachtung) die kräftigsten natürlichen Magnete nicht in großen Teufen, sondern nahe an der Oberfläche, noch häufiger in losen Stücken ganz zu Tage oder auf alten Halden finden, wo sie dem Einfluße der Luft-Elektricität ausgesetzt sind, u. dgl. m.

(Die vollständigsten Archive aller über den Elektro- und Thermo-Magnetismus erschienenen Abhandlungen sind: Gilbert's Annalen der Physik vom 66. Bande an, und Schweigger's Journal für Chemie u. s. w. vom 29. Bande an. Die vorzüglichsten Abhandlungen findet man: von Oersted in Schweigg. J. 29, 273. 32, 119, mit der Correction aus 33, 123, dann 41, 49; in Gilb. A. 66, 295; von Ampere in Gilb. A. 67, 113 und 225. 68, 176. 69, 65. 71, 172. 72, 32, 136 und 257; von Faraday in Gilb. A. 71, 142. 72, 113; von Gilbert in dessen A. 66, 331. 69, 211. 71, 64. Schweigger in dessen J. 31, 1 und 35. 37, 245. 41, 490. 46, 1. dann 48, 300; hinsichtlich der Vereinfachung der Apparate besonders lesenswerth; von

Davy, in Gilb. A. 71, 225; in Schweigg. J. 40, 332; von Pictet und De la Rive in Gilb. A. 66, 305. 69, 81. 71, 113. 72, 130; von Raschig in Gilb. A. 67, 427. 69, 206. 71, 30; von Berzelius in Gilb. A. 68, 167; in Schweigg. J. 31, 94; von Erman in Gilb. A. 67, 382; in Schweiggers J. 32, 38; von J. J. Prechtl in Gilb. A. 66, 81. 67, 259. 68, 187; in Schweigg. J. 36, 399; von G. G. Schmidt in Gilb. A. 68, 28. 70, 229 und 243. 71, 387. 72, 1. 74, 260; von Muncke in Gilb. A. 66, 412. 70, 141. 71, 20 und 44; dann in Gehlens physik. Wörterbuche neue Aufl. 3. Artikel, Elektromagnetismus; von Pohl in Gilb. A. 69, 171. 71, 47. 73, 252. 74, 389. 75, 269, 341 und 437; von Steffen's in Kastner's Archiv 7, 273; von Reef und Buch in Schweigg. J. 31, 18; von C. H. Pfaff in Gilb. A. 68, 273. 74, 249; von Yelin in Gilb. A. 66, 323 und 395. 68, 17, 73, 340 und 351; von Seebeck in Gilb. A. 82, 1; in Schweigg. J. 32, 26. 37, 21. — Darstellung der neueren Entdeckungen über die Elektricität und den Magnetismus: von Oersted, Arago, Ampere, Davy, Biot, Erman, Schweigger, De la Rive u. s. w., durch Ampere und Babinet. A. d. F. Leipzig 1822. *Manuel de l'électricité dynamique etc. par Demonferrand. Paris* 1823. Uebersetzt von Dr. Fechner. Leipzig 1824. — Dr. J. H. Pfaff's Elektromagnetismus u. s. w. Hamburg 1824. — Baumgartner's einfacher Apparat zur Darstellung der elektromagnet. Erscheinungen; in der Zeitschrift für Physik und Mathematik: von A. Baumgartner und A. v. Ettingshausen. 1, 200. Wien 1826.

Von dem mineralischen Magnetismus, dem einzigen Gegenstande des bisher Vorgetragenen, ist der sogenannte thierische Magnetismus wohl zu unterscheiden, welcher seit seiner Bekanntwerdung in dem siebenten Decennium des verflossenen Jahrhunderts durch den unlängst verstorbenen Arzt Dr. Mesmer, sehr viele Gegner, aber auch (vorzüglich in den jüngst verflossenen Zeiten) sehr eifrige Anhänger und Vertheidiger gefunden hat. — Wenn ein Mensch von starken Nerven und von kräftigem Willen ein anderes reizbareres Subject mit den Händen nach gewissen Richtungen, entweder mit sanfter Berührung oder auch ohne diese, bestreicht, so soll, unter übrigens günstigen Umständen, in dem letzteren ein Zustand herbeygeführt werden, in welchem die Sinnes-Organe ihre gewöhnlichen Geschäfte nicht mehr verrichten (magnetischer Schlaf), dagegen aber die Fähigkeit hervortritt, durch ein gesteigertes Gemeingefühl nicht nur die Eindrücke aller übrigen äußeren Sinne zu erhalten, sondern nicht einmahl an die bey den letzteren sonst nothwendigen Bedingungen gebunden zu seyn: ein Mensch in diesem Zustande soll, z. B. kleine Gegenstände Meilen-

weit, oder hinter undurchsichtigen Zwischenkörpern, oder ohne Licht sehen; schon von den Gedanken anderer mit ihm in magnetischer Verbindung (Rapport) stehender Menschen afficirt werden; von dem Sitze der Krankheiten und ihrer Beschaffenheit die genaueste Kenntniß erhalten, u. dgl. m. Damit ist zugleich eine erhöhte Thätigkeit der inneren Sinne und der edleren Geisteskräfte verbunden, z. B. die Fähigkeit, eine fremde, sonst gar nicht geläufige Sprache fertig zu sprechen; ohne je Dichter gewesen zu seyn, in Versen zu reden; eine sinnlich nicht wahrnehmbare Krankheit richtig zu beurtheilen, und die zweckmäßigsten Mittel dagegen anzugeben, u. dgl. m. Diesen Zustand, der über dieß an und für sich unter die wirksamsten Heilmittel gehören, und manchmahl ohne künstliche Behandlung als eine natürlich, heilsame Krise freywillig entstehen soll, heißt man auch Somnambulismus, und den darin befindlichen Menschen einen Somnambul oder Hellsehenden (*Clairvoyant*). Man erkläret diese Erscheinungen aus der Wirksamkeit einer eigenen, im ganzen Weltraume verbreiteten, der magnetischen darin ähnlichen Materie, daß sie durch alle Stoffe wirkt, ohne sich jedoch einem einzigen Sinne zu offenbaren, mit der man dann auch die sogenannten Ahnungen, Orakel, Sibyllen, die Divinations-Gabe überhaupt, Astrologie, Siderismus, Sympathien und Antipathien, sympathetische Curen, die Wünschelruthe u. dgl. m. in Verbindung bringt. — Da wir den letzten Grund der Wahrnehmungen durch unsere gewöhnlichen Sinneswerkzeuge nicht kennen: so läßt sich auch die Unmöglichkeit der genannten Erscheinungen nicht darthun, und ihnen folglich das Bürgerrecht im Reiche der Möglichkeit nicht versagen. Da wir jedoch, wenn wir etwas als wirklich annehmen sollen, die Gründe dazu in der Analogie mit andern bekannten Erscheinungen suchen; zwischen diesen und den angeführten Erscheinungen des thierischen Magnetismus aber keine solche Analogie obwaltet: so wird man der klugen Besonnenheit jedes Menschen das Zweifeln an jenen Erscheinungen vergeben, bis er sich durch eigene Erfahrungen davon überzeugt hat. Ohne diesen verständigen Skepticismus würde unser Geschlecht wieder zurückfallen in jenen Zustand einer kindischen Leichtgläubigkeit und einer schwärmerischen Sucht nach dem Wunderbaren, welche zwischen Möglichkeit und Wirklichkeit keine Gränzen kennt, aus dem es sich, gewiß zum größten Vortheile für die Naturwissenschaften, noch nicht gar lange empor gearbeitet hat. Der Verfasser hat nie Gelegenheit gehabt, eigene Erfahrungen über den thierischen Magnetismus zu machen; von den fremden, bekannt gewordenen, sind fast mehrere und gewichtigere gegen als für die Existenz der Wunder desselben. Unter die ersteren gehöret z. B. das Urtheil der zur Untersuchung des thierischen Magnetismus im Jahre 1784 zu Paris ernannten Commission, wovon auch Franklin ein Mitglied war.

— Uebrigens gehöret dieser ganze Gegenstand mehr in das Gebieth der Physiologie als der Physik, und es wäre daher sehr zu wünschen, daß der in den neueren Zeiten, statt »thierischen Magnetismus« (wahrscheinlich, weil sich Mesmer im Anfange künstlicher Magnete zum Bestreichen bediente) vorgeschlagene Nahme Mesmerismus allgemein angenommen würde; denn außer der Erregung durch Bestreichen, der freyen Bewegung durch alle Körper, der Unwahrnehmbarkeit durch alle Sinne, hat der thierische Magnetismus mit dem mineralischen nichts gemein. (Mesmerismus von D. F. A. Mesmer. Herausgegeben von D. K. Ch. Wolfart. Berlin 1814. Versuch einer Darstellung des animalischen Magnetismus als Heilmittel, von C. Alex. F. Kluge. Berlin 1815).

III. Licht.

227. Um Eindrücke durch das Auge zu erhalten, d. h. um zu sehen, ist Helligkeit oder Gegenwart von Licht eine nothwendige Bedingung. Ueber die Ursache der Helligkeit oder des Lichts ist nichts Zuverlässiges bekannt. Die Erscheinungen des Lichtes werden nach zweyerley Vorstellungsarten über die Ursache desselben erkläret: nach der Vibrations- oder Undulations-Theorie befindet sich im ganzen Weltall eine äußerst feine, sonst auf keine andere Weise wahrnehmbare, höchst elastische Substanz verbreitet, welche Aether genannt wird, und durch gewisse zitternde, wellenförmige Bewegungen, in die sie versetzt werden kann, und die sie bis in das Auge fortpflanzet, die dem Lichte zugeschriebenen Empfindungen hervorbringt; nach der Emanations- oder Emissions-Theorie werden die Erscheinungen des Lichtes, so wie jene der Elektricität durch einen eigenen höchst feinen Stoff, den Lichtstoff, hervorgebracht, der von den Körpern, die sich dem Auge offenbaren, ausströmet und von ihnen bis ins Auge gelangt. Da die chemischen Wirkungen des Lichtes sich nach der letzten Theorie am besten erklären lassen, und diese überdieß auch die Analogie mit den übrigen Imponderabilien für sich hat, so sollen hier die Phänomene des Lichtes nach dieser Vorstellungsart erkläret werden.

Nach der Vibrations-Theorie entstehen die Gesichtsempfindungen auf eine ähnliche Art wie die Gehörsempfindungen, nach der Emanations-Theorie auf eine ähnliche Art wie die Geruchsempfindungen. Seit Newton, dessen Entdeckungen über das Licht allein zur Verewigung seines Nahmens hinreichen, war das Emanations-System das bey

weitem am allgemeinsten angenommene; da man aber einige in den neuesten Zeiten an dem Lichte wahrgenommene Erscheinungen nur nach der Vibrations-Theorie erklären zu können meint, so scheint diese wieder mehr Eingang zu finden; daher sollen in den Anmerkungen die Erklärungen der wichtigsten Lichtphänomene nach der Vibrations-Theorie beygefügt werden, obschon diese erst später, in der Akustik, aus der Analogie mit den Erscheinungen des Schalles, den gehörigen Grad von Deutlichkeit erhalten dürften.

228. In Hinsicht auf das Licht werden die Körper in leuchtende und dunkle eingetheilt: erstere verbreiten selbst die zu ihrer Wahrnehmung nothwendige Helligkeit; letztere werden nur durch die Gegenwart eines leuchtenden Körpers, also erleuchtet, sichtbar. — Die dunklen Körper sind entweder durchsichtig (Lichtleiter), wie Luft, Glas u. dgl., welche das Licht durchlassen, und durch welche wir also, wenn sie zwischen das Auge und die leuchtenden oder erleuchteten Körper gebracht werden, diese wahrnehmen; oder undurchsichtig, opak, wie z. B. Metalle, die beydes nicht zulassen. — Der durchsichtige Körper (auch der leere Raum), in welchem sich das Licht bewegt, heißet das Mittel (medium) der Bewegung desselben. — Einige durchsichtige sowohl als undurchsichtige Körper, wie z. B. der Diamant, das Bariumsulfurid (Bologneser Leuchtstein), das Calciumsulfurid (Cantons Phosphor), selbst das weiße Papier u. v. a. saugen Licht ein, lassen es aber im Finstern wieder fahren, ohne eine bemerkbare Veränderung zu erleiden: sie heißen Phosphore durch Insolation oder durch Einstrahlung, auch Lichtmagnete. — Die undurchsichtigen Körper werfen das Licht entweder ganz oder theilweise zurück, sie reflectiren es, wie dieses z. B. die glänzenden, die weißen und farbigen Substanzen thun; oder sie verbinden sich mit dem Lichte wahrhaft chemisch und so innig, daß es dadurch die Eigenschaft zu leuchten verliert, ausgelöscht oder fixirt wird (§. 113*), und nur bey chemischen, oder auch bey einigen mechanischen Veränderungen (§. 113*), welche diese Körper erleiden, z. B. beym Verbrennen, beym Verwesen von Holz, beym schnellen Zusammendrücken von Luft und Wasser u. dgl. m. wieder in Freyheit tritt. Gewöhnlich ist dieses Freywerden des Lichtes, wie z. B. beym Verbrennen, von einer Temperaturs-Erhöhung begleitet: Körper, welche ohne Entwicklung von Wärme leuchten, heißen Phosphore.

Nur freyes Licht ist im Stande die Empfindung des Sehens hervorzubringen; gebundenes oder fixirtes Licht ist durch die chemische Verbindung mit wägbaren Substanzen zu diesem Geschäfte untauglich geworden.

Die Phosphorescenz der Körper erfolgt unter sehr verschiedenen Bedingungen, z. B. beym Reiben, Erwärmen u. dgl. (Unters. über die Phosphorescenz der Körper von Dessaignes; in Gilb. A. 37. Placidus Heinrich, die Phosphorescenz der Körper. 5 Abtheil. 4. Nürnberg 1811, 1820). — Die leuchtenden Körper werden wieder eingetheilt in ursprünglich selbst leuchtende, wohin die Sonne, die Fixsterne, und mit einiger Wahrscheinlichkeit die Kometen gerechnet werden; dann in solche, welche beym Erleiden gewisser chemischer oder mechanischer Veränderungen leuchtend werden, wohin alle irdischen Körper gehören. Es ist aber noch nicht ausgemacht, ob das Leuchten der Sonne und der Fixsterne nicht auch bloß das begleitende Phänomen gewisser Veränderungen ist, welche diese Himmelskörper erleiden. — Nur der leere Raum ist ein vollkommen durchsichtiges Mittel. Selbst die durchsichtigsten Substanzen lassen das auf sie fallende Licht nicht ganz durch, sondern reflectiren und fixiren davon etwas. Nach dem Verhältnisse des reflectirten und fixirten Lichtes zu dem durchgelassenen gibt es sehr verschiedene Grade von Durchsichtigkeit. Die elastischflüssigen Substanzen gehören zu den durchsichtigsten; und doch würde selbst die atmosphärische Luft, nach Bouguer's und Lambert's Berechnungen, undurchsichtig werden, wenn sie mit ihrer Dichtigkeit an der Oberfläche des Meeres eine 130 Meilen dicke Schichte bildete: daher erscheinen auf hohen Bergen die Gestirne mit hellerem Glanze. Substanzen mit so weit verminderter Durchsichtigkeit, daß man die Gegenstände durch dünne Schichten derselben wohl noch wahrnehmen aber nicht mehr unterscheiden kann, wie z. B. Alabaster, Porzellan, Beinglas u. dgl. m. heißen durchscheinend; Glas mit matt geschliffenen Oberflächen ist durchscheinend, wird aber durch Bestreichen mit Terpenthinöhle durchsichtig. Vollkommen durchsichtige Substanzen wären eben so unsichtbar, wie der leere Raum. — Nach der Vibrations-Theorie sind leuchtende Körper solche, welche sich in jener zitternden oder oscillirenden Bewegung (§. 16) befinden, die dem Aether mitgetheilt und mittelst dessen in das Auge fortgepflanzt, die Gesichtsempfindung hervorbringet; so wie schallende Körper diejenigen sind, welche ihre zitternden Bewegungen durch die Luft oder durch andere elastische Mittel ins Ohr schicken. Durchsichtige Körper sind solche, welche entweder selbst die Schwingungen des Aethers an der einen Fläche annehmen und an der andern wieder dem Aether mittheilen, oder die in ihren Zwischenräumen so viel Aether

enthalten, daß mittelst dieses die Fortpflanzung der Aetherschwingungen erfolgt. Durch opake dunkle Körper werden die Aetherschwingungen entweder aufgehoben, wie durch unelastische Körper die Schallschwingungen der Luft: dann höret die Helligkeit auf; oder die Aether schwingungen erhalten in ihrer Verbreitung eine andere, ihrer ersten mehr oder weniger entgegengesetzte Richtung: dann wird das Licht reflectirt.

229. Das Licht pflanzt sich in geraden, auseinanderfahrenden oder divergirenden Linien fort. Davon kann man sich überzeugen, wenn man in ein ganz finsteres Zimmer, durch eine sehr enge, runde Oeffnung in einem von der Sonne beschienenen Fensterladen, ein feines Bündel von Lichtstrahlen senkrecht auf eine entgegen gehaltene weiße Fläche fallen läßt: es wird sich auf dieser eine beleuchtete Schibe zeigen, welche die Grundfläche eines Lichtkegels ausmacht, dessen Spitze die Oeffnung im Fensterladen ist. Diese Scheibe, welche man Sonnenbild (spectrum) heißt, ist desto größer, aber auch desto weniger hell, je weiter die auffangende Fläche von dem Loche im Fensterladen entfernt wird. Man muß annehmen, daß das Licht, so wie man es in diesem Versuche sich verbreiten oder bewegen sieht, auch von jedem leuchtenden Puncte und zwar nach allen Seiten sich fortpflanzt: die Lichtstrahlen fahren also von dem leuchtenden Puncte an auseinander, divergiren, oder bilden Sphären von unbestimmter Größe, derer Mittelpunct der leuchtende Punct, und derer Halbmesser jeder Lichtstrahl ist. Nur sehr nahe Strahlen von einem sehr entfernten Lichtpuncte, z. B. die aufs Auge fallenden Strahlen der Sonne, kann man für parallel oder gleichlaufend gelten lassen, obschon sie es im strengsten Sinne nicht sind. Da nun bey dieser Verbreitungsart dieselbe Menge Licht eine desto größere Fläche beleuchtet, je weiter es sich von dem leuchtenden Puncte entfernt; so muß es auch immer dünner oder lockerer werden: die Erfahrung sowohl als die Berechnung lehren, daß die Intensität, d. h. die Stärke der Beleuchtung, abnimmt, oder daß das Licht dünner wird, in dem Verhältnisse wie die Quadrate der Entfernungen zunehmen.

Diese Art von Bewegung, die man überhaupt strahlend nennet, ist am Lichte so auffallend und ausgezeichnet, daß man durch sie das Licht von den Künstlern angezeigt sieht, und daß das Wort »strahlend« von der Bewegung des Lichtes zur Bezeichnung ähnlicher Bewegungen anderer Körper nur übertragen worden ist. — Wenn man bey dem

Lichte Einer Wachskerze in der Entfernung Eines Fußes bequem lesen kann; so muß man, um bey 2 Fuß Entfernung eben so bequem lesen zu können, 4 Kerzen, bey 3 Fuß Entfernung 9 Kerzen, bey 4 Fuß Entfernung 16 Kerzen u. s. w. anzünden. Die durch die große Entfernung so sehr verminderte Intensität des Lichtes der Fixsterne ist Ursache, daß wir sie bey Tage nicht sehen. — Fig. 82 zeiget, wie das Licht aus dem Puncte C sich auf die mit der Entfernung immer größer werdenden Flächen aa, bb, cc, dd, ausbreiten muß. Da diese Flächen größer werden, wie das Quadrat der Entfernungen, so muß das Licht in eben demselben Verhältnisse dünner werden. Die Menge der auffallenden Lichtstrahlen, oder die Intensität der Beleuchtung, steht übrigens auch mit der senkrechten Lage der erleuchteten Fläche gegen die einfallenden Lichtstrahlen, und mit der Durchsichtigkeit des zwischen beyden befindlichen Mittels im geraden Verhältnisse; denn man sieht aus der Figur, daß sich dieselbe Lichtmenge auf die viel größere geneigte Ebene xx verbreitet, und wer weiß nicht, daß bey nebeliger Luft weniger Sonnenlicht auf die Erdoberfläche gelangt, als bey heiterem Wetter?

230. Der Satz, daß sich das Licht bloß in geraden Linien bewegt, ist nur so lange streng richtig, als sich das Licht in demselben Mittel von unveränderter Dichtigkeit fortpflanzet; denn bey dem Uebergange aus einem Mittel in ein anderes von verschiedener chemischer Natur oder Dichtigkeit, z. B. aus Luft in Wasser oder Glas, weicht das Licht von diesem geradlinigen Wege ab: diese Abweichung heißt man die **Brechung**, **Refraction** des Lichts. — Auch wenn das Licht in demselben Mittel, nahe bey einem andern Körper, z. B. bey einer Federmesserklinge, vorbeystrahlt, wird es von seiner anfänglichen, geradlinigen Richtung abgelenket, welches man die **Beugung**, **Inflexion** des Lichtes heißt. — Von undurchsichtigen, polirten Flächen, z. B. Spiegeln, wird das Licht, so wie andere elastische Körper nach bestimmten Gesetzen zurückgeworfen, welches man die **Zurückwerfung**, **Reflexion** desselben nennet. Durch das gebrochene und zurückgeworfene Licht kann man folglich auch Gegenstände sehen, wenn auch die gerade Linie zwischen ihnen und dem Auge durch einen opaken Körper unterbrochen ist. Die von dem leuchtenden Körper unmittelbar kommenden Strahlen heißt man **directes Licht** im Gegensatze von den reflectirten. — Die Lehre vom Lichte heißt **Optik**, vom zurückgeworfenen Lichte **Katoptrik**, vom gebrochenen Lichte **Dioptrik**.

231. Da sich das Licht in demselben Mittel nur in geraden Li-

nien bewegt, so muß hinter undurchsichtigen dasselbe von einem gewissen Raume ausgeschlossen werden: dieser nicht beleuchtete Raum heißt der geometrische Schatten; derjenige Theil desselben, auf welchen gar keine directen Strahlen fallen, Kern- oder Schlagschatten; der andere Theil, der durch die Strahlen nur eines Theils des leuchtenden Körpers erhellet wird, Halbschatten.

Ist (Fig. 83) C der leuchtende, a b der undurchsichtige Körper, so entsteht der Schatten a b e und der Halbschatten a e d. Die Größe und Figur des Schattens richtet sich nach der Figur des undurchsichtigen Körpers, dann nach dem Verhältnisse der Größe, Lage und Entfernung desselben zum leuchtenden Körper: daher können wir die Höhe eines Gegenstandes, z. B. eines Baumes, Thurmes aus der Länge seines Schattens berechnen; daher haben die Astronomen aus dem stets runden Schatten der Erde (bey Mondesfinsternissen) auf die kugelrunde Gestalt derselben geschlossen. Die Intensität des Schattens, d. h. der Unterschied zwischen ihm und den angränzenden, beleuchteten Stellen, richtet sich nach der Licht-Intensität des leuchtenden Körpers. Wird ein undurchsichtiger Körper von mehreren Lichtern aus verschiedenen Richtungen zugleich beleuchtet, so wirft er jedem Lichte gegenüber einen besonderen Schatten, wovon aber keiner ein Kernschatten ist, weil seine Stelle von den übrigen Lichtern erleuchtet wird; der dunkelste Schatten ist der dem hellesten Lichte entgegengesetzte: Rumford's Methode, die Intensität des Lichtes zu messen (§. 287). Finsterniß ist Abwesenheit des Lichtes oder ein Schatten, dessen Gränzen man nicht sieht: so befinden wir uns zur Nachtzeit im Schatten der Erde. Die Schatten auf der Oberfläche der Erde werden gewöhnlich durch das von andern Gegenständen zurückgeworfene Licht etwas erleuchtet (selbst die Finsterniß der Nacht durch das vom Monde und von den Planeten reflectirte Sonnenlicht und durch das Licht der Fixsterne); die Luftschiffer aber wollen in großen Abständen von der Erde die Schatten schon viel greller beobachtet haben. Es ist die Frage, ob wir absolute Finsterniß kennen.

232. Die Fortpflanzung des Lichtes geschieht durch seine Expansivkraft: diese Kraft muß im Lichte ungeheuer groß seyn, da sich dasselbe mit einer so außerordentlichen Geschwindigkeit fortpflanzt, daß die Zeit, in der es sich von einem Orte zum andern bewegt, bey den größten, übersehbaren Abständen auf unserer Erde ganz verschwindet, und erst in jenen großen Räumen, in welchen sich die Himmelskörper entfernt befinden, merklich wird. Nach der Angabe des dänischen Astronomen Olof Römer braucht das Licht etwas über 8 Minuten Zeit, um von der Sonne auf unsere Erde zu kommen; da nun dieser Weg

21 Millionen Meilen beträgt; so durchläuft das Licht in Einer Secunde einen Raum von mehr als 40000 geographischen Meilen.

Die Geschwindigkeit des Lichtes ist also fast Eine Million Mahl größer als die des Schalles, und 1 ½ Millionen Mahl größer als die einer Kanonenkugel; daher wir auch in einer großen Entfernung eine Kanone viel eher losbrennen sehen, bevor wir den Knall vernehmen. Daher folgt der Donner erst immer eine Weile auf den Blitz, worauf die Methode beruht, die Entfernung eines Gewitters zu bestimmen (§. 194). Diese Schnelligkeit der Lichtbewegung hat zur Erfindung der Telegraphen die Veranlassung gegeben.

233. Da die Wirkung, welche ein Körper durch seine Bewegung hervorbringt, das Product aus seiner Masse in die Geschwindigkeit ist (§. 20); so müßte das mit einer so außerordentlichen Schnelligkeit begabte Licht, auch bey einer sehr kleinen Masse schon einen großen Eindruck machen. Nun bringt aber das Licht nicht den mindesten bemerkbaren Eindruck eines Stoßes auf eines der empfindlichsten Organe, das Auge, hervor; es muß also seine Masse unendlich gering und seine Feinheit daher noch erstaunenswerther als seine Geschwindigkeit seyn. Um so weniger darf man sich wundern, daß es bey der möglichst größten Anhäufung oder Ausscheidung keine Wirkung auf unsere Wagen äußert.

Ein Schrotkorn von 3 Gran, mit der Geschwindigkeit einer Kanonenkugel geschossen, durchbohrt einen Menschen. Die Geschwindigkeit des Lichtes ist aber 1 ½ Millionen Mahl größer: folglich würde ein Lichttheil, der auch 1 ½ Millionen Mahl kleiner als jenes Schrotkorn wäre, also den 500000sten Theil eines Granes wöge, noch dieselbe Wirkung hervorbringen. Ja ein Lichttheilchen, den millionsten Theil eines Granes schwer, würde noch alles vernichten, wogegen es anschlüge, und bey einem Gewichte von dem billionsten Theil eines Granes müßte es noch immer einen fast schmerzhaften Eindruck hervorbringen. — Durch die feinste mit einer Stecknadel gemachte Oeffnung in einem dicht vors Auge gehaltenen Kartenblatte kann man eine ganze Gegend übersehen; nun müssen aber von allen Puncten, die wir sehen, Lichtstrahlen ins Auge kommen: es müssen also in dem gegebenen Falle eine unzählige Menge Lichtstrahlen zu gleicher Zeit durch die feine Oeffnung laufen, welches doch gewiß nur bey dem höchsten, kaum denkbaren Grade von Feinheit möglich ist. — Um zu erklären, wie die Lichtstrahlen bey ihrer vielfachen Durchkreuzung sich wechselseitig in ihrer geradlinigen Bewegung nicht stören, nimmt Newton an, das Licht sey eine discrete Flüssigkeit, d. h. seine Theilchen seyen

sehr weit von einander entfernt; da aber der Eindruck des Lichtes auf's Auge, Versuchen zu Folge, nicht unter 0,1 und nicht über 0,5 Secunden dauert, so könne ein Lichttheilchen vom andern wenigstens 4200 Meilen entfernt seyn, ohne daß die Lichtstrahlen uns unterbrochen vorkommen: so wie eine glühende Kohle auf ein bewegtes Rad gelegt, als ein feuriger, ununterbrochener Kreis erscheint, wenn sich das Rad in einer Secunde 7 Mahl um die Achse dreht.

Von der Fortpflanzung des Lichtes machen sich die Anhänger des Vibrationssystems folgende Vorstellung: Ein leuchtender Körper, d. h. ein solcher, dessen Theile sich in einer äußerst schnellen, vibrirenden, zitternden oder oscillirenden Bewegung befinden, theilt diese Bewegung dem ungemein elastischen Aether mit, in welchem dadurch Wellen, Lichtwellen, entstehen. Wie entstehen diese Wellen? Jede vollständige Oscillation, Schwankung oder Erzitterung eines leuchtenden Punctes besteht, gleich den Pendelschwingungen, aus zwey Theilen, nähmlich aus dem Hingehen und aus dem Zurückgehen (§. 16). Während des Hingehens wird dem gestossenen Aether eine gewisse Geschwindigkeit ertheilet, die mit der Geschwindigkeit des hingehenden Lichtpunctes im geraden Verhältnisse stehet; weil sich aber diese Geschwindigkeit nicht so schnell von der nächsten Aetherschichte auf die folgenden mittheilen kann, so entstehet in der dem leuchtenden Puncte zunächst liegenden Aetherschichte eine entsprechende Verdichtung. Hat der leuchtende Punct das Hingehen geendigt, und fängt er an zurückzugehen, so folgt der vor demselben zusammengepreßte Aether, vermög seiner Elasticität, dieser rückgängigen Bewegung und erleidet dadurch eine Verdünnung. Jede vollständige oder ganze Lichtwelle, Undulation, im Aether ist also aus zwey Hälften zusammengesetzt, wovon sich die eine (dem Hingehen des leuchtenden Punctes entsprechende) nach vorwärts, die andere (durch das Zurückgehen des leuchtenden Punctes erzeugte) nach rückwärts bewegt. Da das Hingehen sowohl als das Zurückgehen eines leuchtenden Punctes (so wie eines Pendels) während einer ganzen Schwankung keine gleichförmige, sondern bis zur Mitte eine gleichförmig beschleunigte, dann von hier aus bis zum Umkehren eine gleichförmig verzögerte Bewegung ist, so muß auch die größte Geschwindigkeit oder Verdichtung des Aethers in die Mitte der vorderen Wellenhälfte, also um $3/4$ der ganzen Wellenlänge von dem leuchtenden Puncte entfernt, die größte Verdünnung oder Geschwindigkeit der Bewegung in entgegengesetzter Richtung aber in die Mitte der hinteren Wellenhälfte, also um $1/4$ der ganzen Wellenlänge von dem leuchtenden Puncte entfernt fallen: in der Mitte der ganzen Welle herrscht eben so Ruhe ohne Verdichtung oder Verdünnung des Aethers, wie im Anfange oder am Ende jeder Welle. Die Länge (Breite) jeder einzelnen Lichtwelle hängt von der Entfernung ab, bis auf welche sich jede einzelne Erzitterung des

leuchtenden Punctes während ihrer Dauer dem Aether mittheilt, und diese Entfernung, welche wegen der ungemeinen sp. Elasticität des Aethers immer bey weitem größer als der von dem leuchtenden Puncte während einer Schwankung beschriebene Raum ist, stehet (da die Elasticität und Dichtigkeit, d. h. die sp. Elasticität des Aethers, als immer und überall gleich angenommen wird) mit der Zeitdauer jeder Erzitterung des leuchtenden Punctes im geraden Verhältnisse. Da der leuchtende Punct (wie das Pendel) zu großen (einen großen Raum beschreibenden) Erzitterungen eben so viel Zeit verwendet, als zu kleinen, so werden jene und diese gleich lange Lichtwellen erzeugen; weil aber bey großen Erzitterungen, um gleichzeitig mit den kleinen zu geschehen, die absolute Geschwindigkeit viel größer seyn muß, und weil sich die verschiedenen Geschwindigkeiten jeder einzelnen Erzitterung des leuchtenden Punctes in den verschiedenen Theilen der dadurch gebildeten Aetherwelle nur wiederhohlen, so wird auch die absolute Geschwindigkeit oder Verdichtung und Verdünnung in der Aetherwelle bey großen Schwingungen des leuchtenden Punctes größer, als bey isochronischen kleinen Schwingungen seyn. Von der Länge einer Aetherwelle, also von der Dauer Einer Schwingung des leuchtenden Punctes, hängt die Qualität des Lichtes, also seine Farbe, von der absoluten Geschwindigkeit oder von dem Dichtigkeitsunterschiede der Aethertheilchen in Einer Welle, also von der Größe der einzelnen, isochronischen Schwingungen des leuchtenden Punctes, die Quantität, Stärke oder Intensität des Lichtes ab. Wenn der leuchtende Punct die erste vollständige Erzitterung, d. h. ein Hin- und Hergehen, geendigt hat und wieder zu dem Ausgangspuncte zurückgekehrt ist, so hat sich auch die erste Lichtwelle im Aether vollständig ausgebildet: ihre vordere Hälfte ist der hinteren an Länge und Geschwindigkeit der Bewegung gleich, nur geschieht die Bewegung in beyden Hälften nach entgegengesetzter Richtung. Während nun der leuchtende Punct die zweyte Schwingung vollbringt, bewegt sich die erste Welle, da jener zur zweyten Schwingung eben so viel Zeit wie zur ersten braucht, im Aether um ihre ganze Länge weiter vorwärts und der von ihr verlassene Raum wird von der durch die zweyte Erzitterung erzeugten gleich langen Welle eingenommen u. s. w. Ein leuchtender Punct macht in einem kleinen Zeitraume eine ungeheure Anzahl ganzer Schwingungen, nach Fresnel in einer Secunde 500 Billionen; daher folgen auch die entsprechenden Wellen im Aether eben so schnell auf einander und bilden ein Wellensystem. Wahrscheinlich ist eine kleine Anzahl Aetherwellen, also noch weniger eine einzelne, gar nicht wahrnehmbar, sondern es gehöret schon eine große Menge derselben dazu, um einen wahrnehmbaren Eindruck aufs Auge zu machen. So wie die Schwingungen der Luft eine gewisse Geschwindigkeit haben müssen, um hörbar zu seyn, so

müssen die Undulationen des Aethers eine gewisse Geschwindigkeit oder Länge haben, um sichtbar zu werden. Aetherwellen, welche eine Länge zwischen 0,000423 und 0,000620 Millimeter = 0,000016 und 0,000024 W. Zoll lang sind, erscheinen als Licht, Aetherwellen von geringer Länge bringen nur chemische Wirkungen hervor, und Aetherwellen von größerer Länge nehmen die Wirkungsweise der strahlenden Wärme an. — Die Geschwindigkeit der Fortpflanzung oder des Weiterschreitens jeder einzelnen Lichtwelle, folglich auch eines ganzen Wellensystems im Aether, hängt von derselben Bedingung wie die Länge jeder einzelnen Welle bey gleicher Zeitdauer der Erzitterung des leuchtenden Punctes, nähmlich von der sp. Elasticität des Aethers ab; und da diese ungeheuer groß ist, so braucht eine Lichtwelle bloß 1 Secunde Zeit, um sich von dem leuchtenden Puncte auf eine Strecke im Aether fortzupflanzen, die von dem ersteren 40000 Meilen entfernt ist, gleich wie eine Schallwelle sich in der nähmlichen Zeit durch die atm. Luft auf eine Strecke von etwas über 1000 F. verbreitet. Weil die Länge jeder Lichtwelle von der Zeitdauer jeder einzelnen Erzitterung des leuchtenden Punctes abhängt, und zu ihrer Uebertragung auf eine zweyte Aetherschichte eben so viel Zeit als zu ihrer Entstehung braucht; so sieht man leicht ein, daß im Aether sich lange Lichtwellen nicht geschwinder als kurze verbreiten können, daß also jede Qualität, d. h. Farbe des Lichtes, sich gleich schnell fortpflanzen wird. — Um jeden leuchtenden Punct erzeugen sich nach allen Seiten Lichtwellen, diese bilden also Kugelflächen. Die von dem leuchtenden Körper, als dem Centrum dieser Kugelflächen, auf die verschiedenen Puncte der letzteren gezogenen geraden Linien, nennet man Lichtstrahlen. Da die Kugelflächen sich vergrößern, wie die Quadrate ihrer Halbmesser, so muß die Kraft, womit der leuchtende Punct den Aether in Bewegung setzet, sich in eben demselben Verhältnisse auf eine größere Ausdehnung oder Menge des letzteren verbreiten, also schwächer werden: die Intensität nimmt also, auch der Vibrations-Theorie zu Folge, ab, wie die Quadrate der Entfernungen vom leuchtenden Puncte zunehmen, ohne daß dieses den geringsten Einfluß auf die Qualität (Farbe) des Lichtes oder auf die Geschwindigkeit seiner Fortpflanzung im Aether hat. Die Fortpflanzung des Lichtes in geraden Linien erklären die Anhänger der Vibrations-Hypothese aus der Natur der sehr kleinen und schnellen Erzitterungen, welche sich im Aether zwar nach allen Richtungen verbreiten, derer absolute Geschwindigkeit (von welcher die Intensität des Lichtes abhängt) jedoch in jenen Richtungen, die von der Richtung der Vibrationen des leuchtenden Punctes abweichen, verschwindend klein gegen die Geschwindigkeit ist, welche sie bey ihrer Verbreitung in Linien besitzen, die gleichsam nur Fortsetzungen der ursprünglichen Richtungslinien der Vibrationen des leuchtenden Punctes sind: also auch

nach der Vibrationstheorie sind absolute Schatten, oder absolute Finsterniß selten (Fresnel in Gilb. A. 79, 303).

234. Das Licht ist nicht bloß vermögend, im Zustande seiner Bewegung die Gesichtseindrücke hervorzubringen, sondern es kann auch, wenn es durch Hemmung seiner äußerst schnellen Bewegung die leuchtende Eigenschaft verloren hat, die Körper erwärmen (wovon bey der Wärme ausführlicher gehandelt werden wird), und seiner Einwirkung sind auch sehr viele chemische Veränderungen zuzuschreiben, die wir an unorganischen sowohl als an organischen, lebenden und todten Wesen erfolgen sehen, und die bey gleicher Beschaffenheit des Lichtes mit der Intensität desselben im geraden Verhältnisse stehen. Diese chemischen Veränderungen bestehen selten in Verbindungen, meistens in Trennungen: die chemische Hauptwirkung des Lichtes ist dem Verbrennungsprozesse gerade entgegengesetzt, also desoxydirend. Das Licht unterhält durch das stets erneuerte Stören des chemischen Gleichgewichts die irdischen Stoffe in ewiger Thätigkeit, und bringt dadurch Leben selbst in die unorganische Natur.

Wasserklare Salpetersäure wird am Lichte durch theilweise Desoxydation braun gefärbt; gelbes tropfbares Chlor wird nur am Lichte zu farbenloser Salzsäure, indem sich das Chlor mit dem Hydrogen des Wassers verbindet und das Oxygen desselben ausscheidet. Chlor und Hydrogengas wirken im Finstern beynahe gar nicht auf einander; am directen Sonnenlichte vereinigen sie sich so schnell, daß eine Verpuffung Statt findet. Die Verbindung des Chlor mit Kohlenstoffoxydgas ist bisher nur durch Vermittlung des Lichtes bewerkstelliget worden; daher der Nahme dieser Verbindung: Phosgengas. Mit Kyan gibt das Chlor im Lichte andere Producte als im Finstern. Das Quecksilberprochlorid (Calomel), noch mehr aber das weiße Silberchlorid (Hornsilber) werden am Lichte sehr dunkel violet gefärbt. Aetzendes Sublimat (Quecksilberperchlorid), in Wasser und in Aether gelöset, wird am Lichte unter Entwicklung von Salzsäure und Sauerstoffgas zu Calomel. Die gefärbten Auflösungen von Eisen-, Kupfer-, Gold- und Platinperchlorid in Aether, dann die wässerige Lösung der durch Jod blau gefärbten Stärke und des blutrothen schwefelblausauren Eisens werden im Sonnenlichte schnell entfärbt; die gelbe Auflösung des Uranperchlorids in Aether wird grün. Viele Metalloxyde, z. B. das rothe und braune Bleyoxyd, das rothe und schwarze Quecksilberoxyd, das weiße Silberoxyd u. a. m. verändern im Lichte durch Desoxydation ihre Farbe; aus Goldoxyd und Gold-

chlorid wird das Metall reducirt. Mit einer verdünnten Goldauflösung benetztes Papier bleibt im Finstern ungefärbt, wird aber am Lichte purpurfärbig. Der Phosphor wird am Lichte in einen rothen, schwer schmelzbaren Körper verwandelt. Von dem Einfluße des Lichtes auf die Krystallisation ist bereits (§. 108) gehandelt worden. Auf viele organische Pigmente wirkt das Licht zerstörend; daher es eine Haupt-Agens beym Bleichen ist: die durch Saflor, Blau- und Fernambukholz, durch Kurkuma, Wau, Orseille, Lackmus und dergl. m. erzeugten Farben leiden am Lichte besonders stark (verschießen), dabey wird immer auch der damit gefärbte Zeug mürbe. Die grüne geistige Tinctur von Hollunder- und Kirschblättern verliert in der Sonne binnen 20 Minuten ihre Farbe, die sie an einem dunkeln Orte sehr lange unverändert behält. — Zur Vegetation ist das Licht unentbehrlich: daher das Neigen der Pflanzen gegen die Sonnenseite, das schnelle Emporschießen junger Bäumchen in Wäldern, um mit der Krone an das Licht zu kommen. Während der Einwirkung des Lichtes entwickelt sich aus den grünen Theilen lebender Pflanzen (durch Zersezzung der Kohlensäure und des Wassers) Sauerstoffgas. Die meisten Pflanzen arten im Finstern so aus, daß sie nicht zu erkennen sind, z. B. Tafel- und Samenspargel. Nur am Lichte entwickelt sich im destillirten Wasser die sogenannte Priestley'sche grüne Materie. Sonst scheint das Licht der ersten Entwicklung der Samen- und Leibesfrüchte nicht günstig zu seyn; daher die Natur diese in undurchsichtige Hüllen eingeschlossen hat. Auf den Organismus der vollkommneren Thiere wirkt das Licht ungemein wohlthätig, und sein Mangel ist die Ursache vieler Cacherien: Sonnenbad für Greise und Genesende. Das Bräunen der Farbe des Gesichtes und anderer dem Lichte ausgesetzter Theile erfolgt im Verhältnisse der Licht-Intensität und nicht des Wärmegrades, daher im Frühlinge stärker als im Sommer. Hervorbringung der sogenannten Sommersprossen, des Sonnenstichs u. dgl. m.

235. Die vorzüglichsten **Quellen des Lichts** sind: a) Die **Sonne** und die **Fixsterne**: wir wissen nicht, woher es kommt, daß die Sonne ohne bemerkbare Abnahme ihrer Masse und leuchtenden Kraft immer Licht ausstrahlet; **Herschel** schließt aber aus einigen Beobachtungen, die Sonne selbst sey keineswegs ein im Verbrennungsprozesse begriffener Weltkörper, wie die Alten meinten, sondern sie sey ein dunkler Körper, wie z. B. unsere Erde, und daher wahrscheinlich auch bewohnet; sie sey aber von einer Region leuchtender Wolken umgeben, derer Zertheilung an einigen Stellen den dunklen Körper der Sonne sichtbar werden lasse, und dadurch zur Entstehung der Sonnenflecken die Veranlassung gebe.

b) Das Verbrennen: alle unsere Beleuchtungen durch Kerzen, Lampen, gekohltes Hydrogengas u. dgl. beruhen auf diesem Prozesse. c) Die Erwärmung: alle Körper können durch Erwärmen in den Zustand des Glühens versetzt werden, von dem man nach der Farbe des erscheinenden Lichtes Rothglühen und Weißglühen unterscheidet; elastisch-flüssige Substanzen bedürfen aber zum Glühen einer viel höhern Temperatur, als Körper in anderen Aggregat-Zuständen, welche alle bey derselben Temperatur (nach Davy bey + 446° R.) glühend zu werden scheinen. d) Der Stoß, wie wir dieses täglich beym Feuerschlagen, oder auch beym Aneinanderschlagen ganz unverbrennlicher Körper, z. B. zweyer Kieselsteine, bemerken; dieser Quelle mag auch das beym Abschießen von frisch gepumpten Windbüchsen bemerkte Licht zuzuschreiben seyn. e) Reibung: so leuchten zwey Stücke Borax, wenn sie im Finstern gerieben werden; und es gibt noch mehrere Substanzen, die durch Reiben phosphoresciren (§. 228*). f) Organische Stoffe in einem gewissen Grade von Verwesung, z. B. moderndes Holz, faulende Fische u. dgl. g) Auch der Lebensprozeß mehrerer Thiere, z. B. unsere Johanniskäfer und Johanniswürmchen (Lampyris noctiluca masc. und foemina), vorzüglich aber vieler Molusken und anderer Seethiere, welche öfters große Strecken der See leuchtend erscheinen machen, ist mit Lichtentwicklung verbunden. h) Die Elektricität (§. 171 u. 180).

Wedgwood erhitzte Luft so heftig, daß ein hineingehaltener Platindraht sogleich weißglühend erschien, ohne daß die Luft selbst leuchtend oder glühend wurde: daraus folgerte man, daß die Gase des Glühens ganz und gar unfähig seyen; da jedoch die Flamme als glühendes Gas, und jene des Hydrogengas als eine reine Gasflamme betrachtet werden muß, so ist jene Folgerung dahin zu mäßigen, daß die Gase zu ihrem Erglühen einer größeren Hitze bedürfen, und dann nur mit einer ihrer Dichtigkeit angemessenen Intensität glühen. Die hellleuchtenden Flammen verdanken diese Eigenschaft starren Substanzen, die in ihnen vertheilt und heftig erhitzt sind; z. B. in dem gewöhnlichen Gas-, Talg-, Wachs-, Oehl-Lichte der ausgeschiedenen Kohle, in der Flamme des brennenden Phosphors der neu erzeugten Phosphorsäure u. dgl. m. Die Intensität der Hitze solcher Flammen, die nur wenig leuchtend sind, z. B. der Hydrogen- und Weingeistflamme, bemerkt man daran, daß ein hineingehaltener feiner Platindraht sogleich weißglühend erscheint. Dieses geschieht auch in dem

Luftströme über der Flamme, z. B. über dem Rauchfange einer Argand'schen Lampe. Eine Hitze also, durch welche Platin weißglühend wird, reicht noch nicht hin, Luft glühend zu machen. Darauf beruht auch die Einrichtung des Glühlämpchens (§. 337*). Die Intensität des Sonnenlichtes ist nach Leslies photometrischen Untersuchungen 12000 Mahl, nach Wollaston (Gilb. A. 92, 330) 5563 Mahl, nach Bouguer 5774 Mahl stärker als jene des Lichtes Einer Kerze in 1 englischen Fuß Entfernung; so daß eine Sonne, nicht größer als eine gewöhnliche Wachskerzenflamme, so viel Licht verbreiten würde, als 5563 bis 12000 Wachskerzen. In der Mitte der Sonnenfinsterniß am 19. November 1816 war nur der zwölfte Theil der Sonnenscheibe sichtbar, und doch war die Erde (so wie auch während der ringförmigen Sonnenfinsterniß am 7. September 1820) zu den meisten Verrichtungen noch hinlänglich beleuchtet. Da das Licht des Vollmondes nur dem $1/144$ Theile des Lichtes Einer Wachskerze, die sich in 1 englischen Fuß Entfernung befindet, gleich kömmt, so ist das Sonnenlicht 801072 Mahl (nach Bouguer 300000 Mahl) intensiver als das Vollmondlicht. Da bey der Annahme, daß der Mond alles auf ihn fallende Sonnenlicht wieder ausstrahle, das Mondlicht nach Euler, nur 100000 Mahl schwächer als das Sonnenlicht seyn sollte: so folgt, daß der Mond nur ungefähr $1/8$ des erhaltenen Sonnenlichtes wieder zurückstrahlt. — Das Licht des hellsten Fixsternes, des Sirius, ist 20.000,000.000 Mahl, das der Vega 180.000,000.000 Mahl schwächer als jenes der Sonne. Da der Sirius nach seiner Parallaxe ungefähr 525481 Mahl entfernter von der Erde als die Sonne ist: so läßt sich berechnen, daß dieser Fixstern, wenn er an die Stelle der Sonne träte, den Erdbewohnern 3,7 Mahl größer als die Sonne erscheinen, und 13,8 Mahl mehr als diese leuchten würde. — Das auffallendste, dem hellsten Glühen ähnliche Phosphoresciren hat der Verfasser an dem unreinen Wasser des Schifffahrts-Canales bemerkt, welcher sich von den Lagunen um Venedig nach Mestre zieht, wenn es Nachts durch einen hineingeworfenen Stein, oder durch Ruder in Bewegung gesetzt wird. — Die Erklärung der genannten Lichtquellen läßt sich leicht auf die Vibrations-Hypothese übertragen.

Zurückwerfung oder Reflexion des Lichtes.

236. Körper, welche viel Licht zurückwerfen oder reflectiren, heißen glänzend. — Die Flächen, von welchen das Licht zurückgeworfen wird, sind entweder rauh oder glatt. Von rauhen Flächen wird das Licht nach allen Richtungen oder zerstreut reflectirt. Läßt man durch eine kleine Oeffnung in ein finsteres Zimmer ein Bündel

von Lichtstrahlen fallen, so werden auf einer der Oeffnung gegen über stehenden rauhen Wand die vor der Oeffnung befindlichen Gegenstände so abgebildet, daß man sie überall im Zimmer sehen kann: darauf beruht die Einrichtung der camera obscura. Ist die Oeffnung, durch welche das Licht einfällt, zu groß, z. B. ein ganzes Fenster, so fallen auf jeden Punct der Wand Lichtstrahlen von zu vielen Gegenständen; wir unterscheiden diese daher nicht mehr (besonders wenn sie ruhen), sondern sehen bloß Licht, und durch dieses nur die Gegenstände, von denen es unmittelbar kommt; also in dem gegebenen Falle die Wand. — Glatte, das Licht zurückwerfende Flächen heißen Spiegel. Von diesen werden die Lichtstrahlen nicht nach allen Richtungen, sondern nach dem bestimmten Gesetze reflectirt, daß der einfallende und der zurückgeworfene Strahl in Einer Ebene liegen, und daß der Einfallswinkel dem Zurückprellungswinkel gleich ist. In Fig. 84 stellt die Linie AB den Durchschnitt einer Spiegelfläche vor. ED sey ein einfallender Lichtstrahl: so ist D der Einfallspunct. Die auf diesem Puncte der Fläche senkrecht stehende Linie CD ist das Einfallsloth oder das Perpendikel; EDC ist der Einfallswinkel, CDF der Zurückstrahlungs- oder Zurückprellungswinkel, DF der zurückgeworfene Strahl, ADE der Neigungswinkel. Wenn also im obigen Versuche das Licht, statt auf die rauhe Wand, auf einen Spiegel fällt, so wird man die vor der Oeffnung befindlichen Gegenstände zwar viel deutlicher, aber nicht im ganzen Zimmer, sondern nur bey einer gewissen Stellung gegen den Spiegel sehen; dagegen wird wegen Mangel an zerstreut reflectirtem Lichte der Spiegel um so weniger sichtbar, je vollkommener er ist.

Wir kennen keinen vollkommen glatten Körper (§. 32), folglich auch keinen vollkommenen Spiegel; sondern nebst den Lichtstrahlen, die jeder unserer Spiegel nach dem obigen Gesetze zurückwirft, reflectirt er auch einen Theil nach allen Richtungen; durch die letzteren wird der Spiegel selbst sichtbar. Ein vollkommener Spiegel wäre eben so unsichtbar wie ein vollkommen durchsichtiger Körper: daher das Anlaufen der Kinder gegen gute, große Spiegel; daher erscheinen Spiegelflächen dunkel, wenn das Auge sich nicht in der Richtung findet, daß das von einzelnen leuchtenden Gegenständen kommende Licht in dasselbe reflectirt wird. Uebrigens verschlucken auch die Spiegel einen beträchtlichen Theil (die besten Glasspiegel nach Gr. Rumford's

Versuchen über $\frac{1}{3}$) des auffallenden Lichtes. Alle tropfbaren Flüssigkeiten mit ruhiger Oberfläche geben Spiegel ab: die besten sind undurchsichtige Flüssigkeiten, wie geschmolzene Metalle, Quecksilber u. dgl.

237. Die Spiegel werden nach ihrer Form in ebene und gekrümmte eingetheilt; die letzteren wieder in regelmäßige und unregelmäßige. Die regelmäßig gekrümmten Spiegel sind entweder sphärische (Kugel-), parabolische, elliptische, cylindrische oder konische Spiegel, und in jedem Falle entweder hohl, concav; oder erhaben, convex.

238. Durch ebene oder Planspiegel wird, nach dem oben aufgestellten Gesetze der Zurückstrahlung, nur der Weg nicht die gegenseitige Lage mehrerer, gleichzeitig einfallender Strahlen geändert: parallele Strahlen bleiben also parallel, divergirende fahren fort, in demselben Grade zu divergiren, und convergirende zu convergiren. Wenn (Fig 85) CD und EF zwey parallel einfallende Strahlen sind, so strahlen sie auch, wie Dd und Ff parallel zurück. Divergiren aber die einfallenden Strahlen (Fig. 86), so setzen sie die Divergenz nach der Zurückwerfung fort. — Senkrecht einfallende Strahlen stellen sowohl bey dieser als bey allen folgenden Arten von Spiegeln und Gläsern das Einfallsloth selbst dar; sie können also keinen Winkel mit diesem machen, und müssen folglich in derselben Richtung zurück- oder durchgehen, in der sie angekommen sind.

239. Bey einem hohlen Kugelspiegel stellt die vom Mittelpuncte der Kugel, wovon der Spiegel ein Abschnitt ist, auf die Mitte des Spiegels gezogene, gerade Linie die Achse, die ebendaher auf den Einfallspunct gezogene, gerade Linie das Einfallsloth vor. Ist AB (Fig. 87) ein Hohlspiegel, C der Mittelpunct der Kugel, sind DE einfallende parallele Strahlen: so sind CE, d. h. die auf die Einfallspuncte gezogenen Halbmesser, die Einfallslothe, und CFE ist die Achse. Da nun der Winkel, welchen jeder zurückgeworfene Strahl mit dem Halbmesser macht, jenem ganz gleich seyn muß, unter welchem der Strahl einfällt: so sieht man aus der Zeichnung, daß unter sich parallel einfallende Strahlen durch die Zurückwerfung von solchen Spiegeln convergirend werden, und sich also endlich in einem Puncte, z. B. in F, kreuzen müssen: dieser Punct heißt der Brennpunct, weil man durch die darin gesammelten Sonnenstrahlen nicht nur Körper entzünden,

sondern höhere Grade von Hitze als in Oefen hervorbringen kann; die Entfernung desselben vom Spiegel heißt die Brennweite des letzteren; diese hängt von der Höhlung des Spiegels und von der Divergenz der einfallenden Strahlen, also von der Entfernung des strahlenden Gegenstandes, so wie die Wirksamkeit des Brennpunctes von der Größe der Spiegeloberfläche ab: parallele Strahlen, z. B. die der Sonne, bilden den Brennpunct in der Mitte des Halbmessers, also in gleichem Abstande vom Spiegel und seinem Krümmungsmittelpuncte, oder die Brennweite ist dann dem halben Halbmesser gleich; und umgekehrt werden die divergirenden Strahlen eines im Brennpuncte befindlichen leuchtenden Punctes durch die Zurückwerfung parallel.

Die entfernt von der Achse einfallenden Parallelstrahlen werden von hohlen Kugelspiegeln so reflectirt, daß sie die Achse etwas näher an der Spiegelfläche schneiden, und dadurch den Brennpunct zu einer kleinen Scheibe erweitern; man nennet dieses die Abweichung wegen der Kugelgestalt. Parabolische Hohlspiegel sind von diesem Fehler frey, aber schwieriger zu verfertigen. — Auf dem Gesetze, daß die divergirenden Strahlen eines im Brennpuncte parabolischer oder sphärischer Spiegel befindlichen leuchtenden Körpers durch die Zurückwerfung parallel werden, und als solche der Abnahme nach dem Quadrate der Entfernungen (§. 229) nicht mehr unterworfen sind, beruht die Einrichtung unserer Lampenspiegel oder der Reverbere.

240. Durch convexe Spiegel werden parallele Strahlen divergirend. Solche Spiegel bilden also eigentlich keinen Brennpunct; man nennet aber ihren negativen Brennpunct jenen eingebildeten Ort, wo sich die Strahlen schneiden würden, wenn man sie hinter dem Spiegel verlängerte. Wenn (Fig. 88) Ff' und Dd' zwey auf den convexen Spiegel AB einfallenden Strahlen sind, so ist Cf' das Einfallsloth vom Strahl Ff' und Cd' das Einfallsloth von Dd', d'd" und f'f" sind die zurückgeworfenen Strahlen, c ihr negativer Brennpunct.

Die Erklärung der Erscheinungen der Zurückwerfung des Lichtes folgt nach der Emanations-Theorie aus dem, was §. 24 über die Resultate des Stosses elastischer Körper gesagt worden ist; nach der Vibrations-Theorie aus dem, was in der Akustik über die Zurückwerfung des Schalles gesagt werden wird.

Brechung des Lichtes.

241. Die Veränderung der Richtung, welche das Licht in seiner Bewegung beym Uebergange aus einem Mittel in ein anderes erleidet, heißt die Brechung desselben. Es sey (Fig. 89) AB eine brechende Ebene, ED ein schief einfallender Strahl; so geht er nicht in der geraden Richtung DG fort, sondern er weicht etwas nach Dg oder Dg' ab. Die Senkrechte auf den Einfallspunct CD ist wieder das Einfallsloth, EDC der Einfallswinkel, ADE der Neigungswinkel, Dg oder Dg' der gebrochene Strahl, gDH oder g'DH der Brechungswinkel. Nachdem sich der gebrochene Strahl dem verlängerten Einfallslothe mehr nähert, wie z. B. der Strahl Dg, oder sich mehr davon entfernt wie Dg', als er ohne Brechung gethan hätte, sagt man, der Strahl sey zum oder vom Einfallslothe (Perpendikel) gebrochen worden. Die Größe der Ablenkung, oder das Brechungsverhältniß, bestimmt man nach der Größe des Einfallswinkels zur Größe des gebrochenen Winkels, oder nach dem Verhältnisse des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des gebrochenen Winkels; wobey immer angenommen ist, daß der einfallende Strahl aus dem leeren Raume kömmt. Senkrecht einfallende Strahlen werden niemahls gebrochen; sie stellen selbst das Einfallsloth vor. Zum Perpendikel werden die Strahlen beym Uebergange aus einem dünneren Mittel in ein dichteres gebrochen; vom Perpendikel beym Uebergange aus einem dichteren Mittel in ein dünneres. Die Fähigkeit der Mittel, die Strahlen zu brechen, steht mit ihrer Dichtigkeit und mit dem Grade ihrer positiv-elektrisch-chemischen Natur (ihrer Brennbarkeit) im Verhältnisse: Bleyglas bricht das Licht stärker als Natronglas; dieses stärker als atmosphärische Luft; diese stärker als verdünnte Luft unter der Glocke der Luftpumpe. Das Hydrogengas hat im Verhältnisse zu seiner Dichtigkeit unter allen durchsichtigen Körpern das größte, der Diamant ein sehr großes, das Sauerstoffgas das geringste Brechungsvermögen. In Bezug auf die Brechung gilt das Gesetz, daß der einfallende und gebrochene Strahl stets in jener Ebene liegen, die auf der beyden Mitteln gemeinschaftlichen (Berührungs-) Fläche senkrecht stehet; und daß das Brechungsverhältniß für dieselben Mittel bey allen möglichen Neigungen des Strahles gegen die brechenden Flächen das nähmliche bleibt.

Wenn man aus dem Vereinigungspuncte der zwey Schenkel eines Winkels C (Fig. 90) als Mittelpunct einen Kreisbogen AB von einem Schenkel zum andern beschreibt, und aus dem Puncte A, wo der Kreisbogen den einen Schenkel berührt, eine senkrechte Linie auf den andern Schenkel CB errichtet: so ist diese Senkrechte AD der Sinus des Winkels ACB, die Linie CD ist sein Cosinus. — Die Newton'sche Erklärung der Brechung, welche die Ursache davon in die verschiedenen Grade von Anziehung setzet, womit die Mittel auf das Licht wirken, behält, nach der Emanationsansicht, immer noch die größte Wahrscheinlichkeit. Daraus folgt auch, daß die brennbaren (positiven) Körper eine größere Verwandtschaft zum Lichte haben, als die unverbrennlichen (negativen) und als die verbrannten. Deßwegen hielt Newton den Diamant für einen brennbaren Körper schon zu einer Zeit, wo man ihn noch allgemein unter die Kieselsteine zählte, und deßwegen schloß er auf einen brennbaren Bestandtheil im Wasser, als sonst noch Niemand an der elementarischen Einfachheit dieses gebräuchlichsten Feuerlöschmittels zweifelte. — Man findet eine der anziehenden Kraft, womit ein durchsichtiger Körper auf das Licht wirkt, verhältnißmäßige Zahl, wenn man die dem Sinus des Einfallswinkels entsprechende Zahl durch die dem Sinus des gebrochenen Winkels zukommende Zahl dividirt, den Quotienten mit sich selbst multiplicirt, und das Product um eine ganze Einheit vermindert: die auf solche Art gefundene Zahl druckt dann das absolute Brechungsvermögen der durchsichtigen Substanz aus; wird sie aber mit der Zahl, welche dem specifischen Gewichte des durchsichtigen Körpers entspricht, dividirt, so erhält man das specifische Brechungsvermögen des letzteren. Die Methoden, derer man sich zur genauen Ausmittlung des Brechungsvermögen gasförmiger sowohl als tropfbarer und starrer durchsichtiger Substanzen bedienet, findet man in *Biot's traité de physique*, dann in Gehler's physik. Wörterbuche (1825) 1, 1136 ausführlich beschrieben, in der nachstehenden Tabelle aber die Resultate dieser Untersuchungen, in welcher unter A die Nahmen verschiedener durchsichtiger Mittel, unter B ihr Brechungsverhältniß, d. h. die Zahl, durch welche der Sinus des Einfallswinkels dividirt werden muß, um den Sinus des Brechungswinkels zu erhalten, unter C das absolute Brechungsvermögen, welches man erhält, wenn man von dem Quadrate der vorigen Zahl Eine ganze Einheit abzieht, unter D das specifische Gewicht, unter E das specifische Brechungsvermögen, welches man erhält, wenn man die Zahl in der Columne C durch jene in der Columne D dividirt, enthalten sind (Gilb. A. 25, 345. 26, 36. 82, 408. Schweigger's J. 47, 216.)

A		B	C	D	E
*Chromsaures Bley		2,074	7,845		
		2,503	5,145		
*Realgar		2,549	5,497	3,225	1,705
Diamant		2,487	5,186	3,521	1,473
		2,470	5,101		1,470
Diamant n. Newton		2,439	4,949		1,406
Phosphor		2,224	3,946	1,770	2,230
Spießglanzglas		2,216	3,910	4,946	0,790
Schwefel, gediegen		2,115	3,473	2,033	1,708
*Kohlens. Bley		2,084	3,342		
		1,813	2,287		
Schwefels. Bley		1,925	2,706		
Granat		1,815	2,294	4,188	0,548
Blauer Saphir		1,794	2,218	4,000	0,554
Feldspath		1,764			
Rubinspinel		1,761	2,101	3,700	0,568
Chrysoberill		1,760	2,098	3,710	0,565
*Turmalin		1,668	1,782		
*Schwerspath		1,642	1,699	4,270	0,308
*Kalkspath		1,665	1,772	2,715	0,653
		1,519	1,307		0,481
*Gelber Topas		1,638	1,684	3,550	0,474
Salmiak		1,625	1,640	1,420	1,155
Guajak		1,619	1,621	1,229	1,319
Flintglas nach Brewster	von	1,616	1,611		
	bis	1,596	1,547		
» nach Fraunhofer Nr. 13 für gelbe Strahlen		1,639	1,687	3,723	0,453
Horn		1,565	1,449		
*Bergkrystall		1,562	1,440	2,653	0,545
Burgund. Pech		1,560	1,434		
Steinsalz		1,557	1,424	2,143	0,664
Bernstein		1,552	1,409	1,080	1,295
Kupfervitriol		1,547	1,339	2,230	0,632
Glasige Phosphorsäure		1,544	1,384	2,687	0,515
Crownglas	von	1,544	1,384	2,520	0,549
	bis	1,534	1,353		0,537
Crownglas nach Fraunhofer Nr. 9		1,532		2,535	
Tafelglas n. Brewster		1,527			
Tief rothes detto		1,729			
Kautschuk		1,534	1,353	0,933	1,450
Salpeter		1,524	1,322	1,920	0,689
Gelbes Wachs		1,522	1,313	0,965	1,361
Arab. Gummi		1,512	1,286	1,452	0,886
Campher n. Wollaston		1,487	1,211	0,989	1,224
Eisenvitriol		1,494	1,231	1,715	0,718
*Gyps		1,488	1,214	2,252	0,539
Borax		1,475	1,175	1,720	0,683
Alaun		1,458	1,126	1,714	0,657
Flußspath		1,436	1,061	3,180	0,334
Eis		1,307	0,708	0,916	0,775

A		B	C	D	E
Brewster's neue Flüssigkeit aus dem Topas Nr. 1		1,131			
» Nr. 2		1,295			
» aus dem Amethyste .		1,211			
Tabascheer	von	1,182	0,397		
	bis	1,111	0,235		
Cassiaöhl		1,641	1,603		
Anießöhl		1,601	1,564		
Nelkenöhl		1,535	1,356	1,036	1,309
Nußöhl		1,507	1,271		
Terpenthinöhl . . .		1,476	1,178	0,885	1,332
Olivenöhl		1,470	1,161	0,916	1,269
Schwefelsäure . . .		1,440	1,074	1,841	0,583
Salpetersäure . . .		1,406	0,977	1,480	0,660
Salzsäure		1,376	0,893	1,150	0,776
Alkohol		1,374	0,887	0,825	1,076
Ambraöhl		1,368	0,870		
Eyweiß		1,361	0,853	1,090	0,783
Vitrioläther, nach Wollaston		1,358			
Durchsicht. Hornhaut	des Auges	1,330			
Wässerige Feuchtigkeit	des Auges	1,337			
Gläserne Feuchtigkeit	des Auges	1,339			
Krystalllinse	des Auges	1,384			
Wasser		1,336	0,785	1,000	0,785
Kyan, tropfb. . . .		1,316			
Phosgengas		1,001139	0,002318		
Salzätherdampf . . .		1,001095	0,002191		
Kyangas		1,000834	0,001668		
Wasserstoffprophosphorid		1,000789	0,001759		
Chlor		1,000772	0 001545		
Oehlbildendes Gas . .		1,000678	0,001356		
Schwefligs. Gas . .		1,000665	0,001331		
Schwefelwasserstoffgas .		1,000644	0,001288		
Stickstoffoxyd		1,000503	0,001007		
Blausäuredampf . . .		1,000451	0,000903		
Salzsaures Gas . . .		1,000449	0,000899		
Kohlensäure		1,000449	0,000899		
Kohlenstoffprocarbonid .		1,000443	0,000886		
Ammoniak		1,000385	0,000771		
Kohlenoxydgas . . .		1,000340	0,000681		
Salpetergas		1,000303	0,000606		
Stickgas		1,000300	0,000601		
Atmosph. Luft . . .		1,000294	0,000589		
Wasserdampf			0,000539		
Sauerstoffgas . . .		1,000270	0,000544		
Schwefelätherdampf .		1,000153	0,000306		
Schwefelalkoholdampf .		1,000153	0,000301		
Wasserstoffgas . . .		1,000138	0,000277		

Die mit * bezeichneten Substanzen brechen das Licht doppelt. Aus der Tabelle erhellet, daß das Brechungsvermögen zusammengesetzter

Gasarten nicht der Summe des Brechungsvermögens ihrer Bestandtheile gleich ist: so ist z. B. das absolute Brechungsvermögen, nach der Berechnung, für Ammoniak = 0,00071, für Salpetergas = 0,000571, für Blausäure = 0,000980, für Kohlensäure = 0,000904, für Salzsäure = 0,000911.

Nach der Vibrations-Theorie hängt die Brechung des Lichtes bey seinem schiefen Uebergange aus einem Mittel in ein anderes von verschiedener Dichtigkeit oder chemischer Natur davon ab, daß sich die Aetherwellen in dem neuen Mittel schneller oder langsamer als in dem alten fortbewegen.

242. Alle krystallisirten, durchsichtigen Körper, derer Kerngestalt nicht der regelmäßige Würfel, das Octaeder, oder das Rhomboidaldodekaeder ist, wie z. B. Kalkspath, Chrysolit, Strontianit, Zirkon, Beryll, Topas, kohlensaures und chromsaures Bley u. v. a. üben eine doppelte Strahlenbrechung aus, d. h. sie wirken auf einen Theil des (selbst homogenen) Lichtes mit einer andern Kraft als auf den übrigen: ein durch dieselben gehender Lichtstrahl wird gleichsam gespaltet, indem ein Theil davon die gewöhnlichen Brechungsgesetze befolgt, der andere Theil aber auf eine ungewöhnliche Art gebrochen wird, und mit dem ersteren einen für jede Art von Krystall genau bestimmten Winkel (beym Kalkspath von 6° 40′) macht, so daß auf jeden einfallenden Lichtstrahl zwey Lichtstrahlen oder Lichtstrahlenbündel austreten. Man hat diese Eigenschaft zuerst (Erasmus Bartholinus 1669) an den Rhomben des Isländischen Kalkspathes durch die Verdoppelung der dadurch gesehenen Gegenstände bemerkt, und ihm deßhalb auch den Nahmen des Doppelspathes gegeben. Fig. 91 stellt einen Krystall dieses Doppelspathes vor. Die gerade Linie a b, welche man sich durch den Krystall von einem seiner beyden stumpfen Körperwinkel zu dem andern gezogen denkt, und welche gegen alle Seitenflächen gleich (unter einem Winkel von 45° 23′ 25″) geneigt ist, nennet man seine Krystallisationsachse, so wie die Fläche a c b d, wodurch diese zwey stumpfen Winkel halbirt werden, und wovon die Achse a b die kürzere Diagonale ist, den Hauptschnitt des Krystalls. Alle Lichtstrahlen, welche nicht auf eine entweder mit der Achse parallele, oder auf ihr senkrechte Fläche fallen, erleiden die doppelte Strahlenbrechung: bey dem Kalkspathrhomboeder müssen

daher alle Strahlen doppelt gebrochen werden, sie mögen auf was immer für eine von seinen Flächen fallen, weil keine von diesen gegen die Achse die oben geforderte Lage hat. Schleift man aber auf einem solchen Krystall Flächen, welche mit der Achse parallel laufen, oder sie senkrecht schneiden, so erleidet der auf eine solche Fläche senkrecht einfallende Lichtstrahl gar keine, der schief einfallende nur Eine und zwar die gewöhnliche Brechung. In der Fig. 92 stellet ABCD den Durchschnitt eines solchen Kalkspathrhomboeders nach dem Hauptschnitte mit der Krystallisationsachse AC vor. EF, GF, HF sind einfallende Lichtstrahlen. EF wird in Fi und Fx, GF in Fk und Fx, HF in Fl und Fx gespaltet. Fx bedeutet bey jedem den auf die ungewöhnliche Art gebrochenen Theil des Strahles, welcher beym Doppelspathe stets weiter, als der auf die gewöhnliche Art gebrochene Theil des Strahles von einer Linie Ff entfernt liegt, die man sich parallel mit der Achse auf den Einfallspunct gezogen denkt; bey andern Krystallen, z. B. beym Bergkrystalle, Schwerspathe, Topas, liegt der ungebrochene Strahl der genannten, mit der Achse gleichlaufenden Linie näher. Einige Krystalle, wie z. B. der Doppelspath, Bergkrystall haben nur Eine Achse der doppelten Brechung; andere, wie z. B. der Topas, der schwefelſ. Strontian haben ihrer zwey, die gegen einander mehr oder weniger geneigt sind. Nicht bloß Krystalle, sondern auch Glas, welches nur nach einer Seite zusammengedrückt, erwärmt oder abgekühlt wird, bricht das Licht doppelt.

Die doppelte Strahlenbrechung stimmt mit dem Hauptgesetze der Lichtbrechung nicht überein; indem der gebrochene Strahl mit dem einfallenden nicht immer in Einer Ebene liegt, und indem selbst ein senkrecht einfallender Strahl nicht ungebrochen durchgehet, sondern mit dem Einfallslothe einen Winkel von 6° 12′ bis 6° 48′ macht. Biot erklärt alle sehr mannigfaltigen Erscheinungen, welche die doppelte Strahlenbrechung darbiethet, durch die Annahme, daß die ungewöhnliche Strahlenbrechung der Erfolg abstossender oder anziehender Kräfte sey, die auf einen Theil des einfallenden Lichtes so wirken, als wäre ihr Sitz in der parallel mit der Achse auf den Einfallspunct gezogenen Linie; weßwegen er auch Krystalle mit anziehender (z. B. Bergkrystalle) und abstossender (z. B. Kalkspath) Achse unterscheidet. Die Glimmerblättchen haben zwey Achsen der doppelten Strahlenbrechung, wovon eine parallel mit den Blättern läuft, die andere darauf senkrecht stehet; die Kraft der ersteren verhält sich zu jener der

letzteren wie 100 : 177, beyde sind abstossend. Um weiter zu erklären, warum diese anziehenden und abstossenden Kräfte nur auf einen Theil des einfallenden Lichtes wirken, legt Biot diesem Polarität bey, d. h. er stellet sich das Licht aus kleinen, um ihren Schwerpunct beweglichen, und gleich Magneten mit entgegensetzten Polen begabten Theilchen bestehend vor, die, nachdem sie andern Körpern einen oder den andern ihrer Pole oder eine Zwischenseite zukehren, von diesen entweder angezogen, oder abgestossen, oder nicht afficirt werden, wovon erst bey der Polarisation des Lichtes weiter gehandelt werden kann (*Biot traité de physique etc.* 4, 253. Biot's Anfangsgr. der Erfahrungs-Naturlehre; übers. v. Wolff. 2, 251. — Gehler's physik. Wörterbuch (1825) 1, 1165: hier findet man unter den Artikeln Brechbarkeit, Brechung und doppelte Brechung, die klarste Darstellung dieser Gegenstände).

243. Der Erfolg der Brechung ist, den oben angeführten Hauptgesetzen entsprechend, sehr ungleich, nachdem sich die verschiedenartigen Mittel mit geraden oder mit krummen Flächen begränzen. Hier soll bloß von der Brechung die Rede seyn, welche das Licht erleidet, wenn es aus der Luft durch Glas wieder in die Luft gehet. Sind die beyden Flächen des Glases eben und parallel, also Plangläser, so werden zwar alle schief einfallenden Strahlen gebrochen; sie behalten aber nach dem Austritte durch die hintere Fläche des Glases wieder dieselbe Lage gegen einander: parallele Strahlen bleiben parallel, convergirende convergirend, divergirende divergirend. Gläser, welche von einer oder von zwey Kugelflächen eingeschlossen werden, bekommen verschiedene Nahmen. Sie sind entweder erhaben, convex; oder hohl, concav. a) Erhabene Gläser, Linsengläser, heißen convexconvex oder biconvex, wenn die Flächen auf beyden Seiten erhaben sind; planconvex auf einer Seite flache, auf der andern erhabene; Menisken auf der einen Seite hohle, auf der andern erhabene, bey denen aber die Erhabenheit bedeutender als die Höhlung ist. b) Hohlgläser: auf beiden Seiten hohle Gläser heißen concavconcav, biconcav; auf der einen Seite flache, auf der andern hohle, planconcav; auf der einen Seite erhabene, auf der andern hohle, bey denen aber die Höhlung bedeutender als die Wölbung ist, convexconcav. — Die Linie, welche senkrecht auf beyden Flächen durch die Mitte des Linsen- oder Hohlglases geht, heißt die Achse desselben. In Fig. 93 stellt ab den Durchschnitt

eines Planglases, bc eines Planconvex-, cd eines Planconcav-, de eines Biconvex-, ef eines Biconcav-, fg eines Meniskus, gh eines Convexconcav-Glases, und die Linie AB die gemeinschaftliche Achse vor.

244. Erhabene Gläser sammeln die Strahlen: sie machen also parallele Strahlen convergirend, convergirende mehr convergirend, divergirende weniger divergirend oder parallel oder auch convergirend. Die convergirend gemachten Strahlen müssen sich dann hinter dem Glase in einem Brennpuncte sammeln oder schneiden. Der Brennpunct, dessen Entfernung vom Glase man bey parallel einfallenden Strahlen die Brennweite des Glases heißt, wird um so näher hinter dem Glase liegen, je erhabener dessen Flächen, je dicker das Glas, je größer sein Brechungsvermögen, je geringer die Divergenz und je größer die Convergenz der einfallenden Strahlen ist. Der Grad der im Brennpuncte hervorgebrachten Hitze hängt, bey übrigens gleichen Umständen, von der Größe des Linsenglases ab. — Hohlgläser zerstreuen die Strahlen: sie machen also convergirende Strahlen parallel oder, wie die parallelen, divergirend, die divergirenden noch mehr divergirend. Es scheint dann, als kämen die gebrochenen, divergirenden Strahlen aus einem Puncte vor dem Glase, welcher der Zerstreuungspunct oder der negative Brennpunct heißt.

Weil sowohl bey Linsengläsern als bey Hohlspiegeln, derer Krümmungen Kugelsegmente sind, nur die der Achse nahen parallelen Strahlen genau im Brennpuncte gesammelt werden, die entfernteren sich etwas näher beym Glase oder Spiegel kreuzen, welches man, so wie bey Kugelspiegeln, die Abweichung wegen der Kugelgestalt nennet: so bildet der Brennpunct oder Focus nie streng einen Punct, sondern immer schon eine Scheibe von sehr bemerkbarem Durchmesser, einen Brennraum. Reflectirte Strahlen bilden an der Stelle des Brennraumes ein verkleinertes, verkehrtes Bild von dem reflectirendem Gegenstande, welches um so schärfer und deutlicher ist, je mehr die Abweichung der Strahlen wegen der Kugelgestalt, und die Farbenzerstreuung, dann das Einfallen aller anderen, nicht von dem Gegenstande, dessen Bild man zu sehen wünscht, kommenden Lichtstrahlen vermieden werden. Wir sagen überhaupt, daß die Lichtstrahlen ein Bild von einem Gegenstande machen, wenn sie diesen an einem anderen Orte abbilden, als wo er sich wirklich befindet. Dieses Bild ist vollkommen, wenn sich an jenem Orte die Lichtstrah-

len gerade in einem solchen Puncte sammeln, als derjenige ist, von dem sie ausgegangen sind, unvollkommen, wenn der Raum, in dem sie sich sammeln, etwas größer ist, als der Punct, von dem sie kommen, undeutlich, wenn auf dieselbe Stelle die Bilder mehrerer Gegenstände fallen. Das hier von den dioptrischen Bildern Gesagte gilt auch von den katoptrischen, welche von Hohlspiegeln (§. 239) gemacht werden. — Weil es schwer ist, große Brenngläser aus einem Stücke Glas zu verfertigen, so hat schon Buffon, später aber Brewster und Fresnel, polyzonale, d. h. aus mehreren Stücken zusammengesetzte Brenngläser vorgeschlagen (Berzelius Jahresbericht, 1825, 41.)

Zerstreuung des Lichtes. Farben.

245. Eine besondere Erscheinung gewährt die Brechung des Lichtes mittelst eines dreyseitigen prismatischen Glases. Läßt man in ein verfinstertes Zimmer durch eine enge runde Oeffnung im Fensterladen ein Bündel von Sonnenstrahlen senkrecht auf eine weiße Fläche fallen, so erzeugen sie darauf ein kreisrundes Sonnenbild (Fig. 94) a b c d. Hält man aber ein dreyseitiges Glasprisma so vor die Oeffnung, daß die eine Kante, Brechungskante, nach unten gekehrt ist; so erscheint das Sonnenbild e f erstens nicht an demselben Orte, sondern über demselben, dann nicht kreisrund, sondern lang, oben und unten zugerundet, endlich nicht weiß, sondern mit 7 deutlich verschiedenen Farben: zuunterst, also zunächst dem alten Sonnenbilde, ist es roth gefärbt, dann folgt eine pomeranzengelbe, darauf eine schwefelgelbe, auf diese eine grüne, weiter eine lichtblaue, nach dieser eine dunkelblaue, endlich eine violete Stelle. Läßt man nun jeden dieser gefärbten Strahlen einzeln durch ein Prisma gehen, so wird er wohl gebrochen, und zwar zunehmend vom rothen bis zum violeten, aber nicht weiter in Farben zerlegt. Sammelt man aber alle 7 gefärbten Strahlen mittelst eines Linsenglases in einen Brennpunct; so erhält man wieder das gewöhnliche weiße Sonnenbild. Wird die Brechungskante des Prisma nach oben gerichtet, so erscheint das farbige Sonnenbild unter dem alten kreisförmigen, und dann nimmt die rothe Farbe den obersten (also wieder dem alten Sonnenbilde nächsten), die violete den untersten (von dem ungebrochenen Sonnenbilde entferntesten) Platz ein. Die Entfernung des rothen Lichtes vom violeten oder die Länge des Farbenbildes bestimmt die Größe

des **Zerstreuungswinkels**, welcher bey den verschiedenen durchsichtigen Substanzen nicht nur ungleich ist, sondern auch mit dem Brechungswinkel nicht immer im Verhältnisse stehet. Die sieben genannten **prismatischen** Farben sind in dem Sonnenbilde nicht scharf begränzt, sondern gehen durch unmerkliche Schattirungen in einander über. Das weiße Sonnenlicht besteht also aus sieben sich durch ihre Farbe und Brechbarkeit unterscheidenden Strahlen. In Hinsicht der Brechbarkeit folgen diese Strahlen in nachstehender aufsteigender Ordnung: roth, orange, gelb, grün, blau, indigo, violet. So wie sich die verschieden gefärbten Strahlen in Hinsicht der Brechbarkeit verhalten, so verhalten sie sich auch in Hinsicht der Reflexion und Beugung. Diese ganze Erscheinung heißt die **Lichtzerstreuung** oder auch **Farbenzerstreuung**, die sich auch bey der Brechung des Lichtes durch andere optische Gläser zeigt, und die Ursache der farbigen Ringe ist, welche bey Fernröhren wegen der dadurch bewirkten Verengung des Sehfeldes so ungern wahrgenommen werden. Lichtstrahlen von einer bestimmten Farbe, die sich durch kein Mittel weiter in verschiedenfärbige Strahlen zerlegen lassen, heißen **homogen, homogenes Licht**.

Wer die nach dem beschriebenen Versuche durch das Prisma bewirkte Farbenzerstreuung nicht zu sehen Gelegenheit hatte, der mag sie in dem Friedenszeichen am Himmel, im **Regenbogen** bewundern, wo Regentropfen die Stelle eines zugleich brechenden und zurückwerfenden Prisma vertreten; daher er auch nur jenen Beobachtern erscheint, welche die Sonne, manches Mahl auch den Mond, im Rücken, und einen fallenden Regen vor sich haben. Regenbogen bey Wasserfällen, bey thränenden Augen u. dgl. m. — Fängt man den Sonnenstrahl in obigem Versuche mit der Spitze eines kegelförmig geschliffenen Glases, statt des Prisma, auf, so erhält man das farbige Spectrum als Regenbogen in einem vollendeten Kreise. Ein aus Doppelspath (§. 242) geschliffenes Prisma gibt ein doppeltes Farbenbild. Die Diamanten verdanken ihr **Feuer**, d. h. die Farbenpracht, welche sie aus dem auf sie fallenden Sonnen- oder Kerzenlichte entfalten, theils der Art ihres Schnittes (Brillanten, Rauten, Tafelsteine), theils ihrem starken Lichtbrechungs- und Farbenzerstreuungsvermögen. — Damit bey einem länger dauernden Farbenzerstreuungsversuche das Sonnenbild, wegen der scheinbaren Bewegung der Sonne, nicht den Ort verändere, ist es gut, ihre Strahlen mittelst eines Heliostaten, d. h. eines Planspiegels, der durch ein Uhrwerk so bewegt wird, daß er das Licht der fortschreitenden Sonne stets unter demselben Winkel

auf die Oeffnung im Fensterladen wirft (Gilb. A. 93, 71), auf die letztere fallen zu lassen. — Jedes andere weiße Licht, z. B. das einer Wachskerze, das elektrische u. dgl., läßt sich eben so in Farben zerstreuen, wie das Sonnenlicht. Es ist bey der Construction vieler optischer Instrumente von der äußersten Wichtigkeit, das Farbenzerstreuungsvermögen der dazu verwendeten durchsichtigen Substanzen, besonders also der verschiedenen Sorten von Glas, genau zu kennen. Diese Bestimmung scheint Anfangs leicht, indem das Farbenzerstreuungsvermögen mit der Größe des Zerstreuungswinkels, also mit der Länge des Farbenbildes, welches ein Prisma aus der zu untersuchenden Substanz von bekannten Winkeln in einer bestimmten Entfernung gibt, im geraden Verhältnisse steht; allein weil das Farbenbild nicht scharf begränzt, seine Länge also nicht genau zu bestimmen ist, so gewährt diese Methode nicht die gewünschte Genauigkeit. Man kommt der letzteren näher, wenn man aus zwey auf ihr relatives Brechungs- und Farbenzerstreunngsvermögen zu prüfenden Substanzen, z. B. aus Flint- und Crownglas (wovon das erstere eine schwere, viel Bleyoxyd enthaltende, das zweyte eine gewöhnliche Kali- oder Natron-Kiesglassorte ist) Prismen mit entgegengesetzten brechenden Winkeln verfertigt, und diese Winkel so lange ändert, bis einerseits die Brechung, andererseits die Farbenzerstreuung eines durch beyde gehenden Lichtstrahles, so viel als möglich, aufgehoben ist. Ganz läßt sich aber auf diese Weise die Farbenzerstreuung auch nicht aufheben, weil das Farbenzerstreuungsvermögen, d. h. das Brechungsverhältniß für die 7 homogenen Lichtstrahlen in verschiedenen Substanzen nicht gleich ist; so kann z. B. wenn das Zerstreuungsvermögen des Crownglases zu jenem des Fintglases für den rothen Strahl wie 10 : 19 ist, jenes für die violeten Strahlen in denselben Glasarten wie 10 : 21 seyn. Fraunhofer hat ein für die practische Optik sehr wichtiges Mittel gefunden, das Brechungsverhältniß nicht nur jeder Glasart, sondern auch anderer durchsichtiger starrer und tropfbarer Substanzen für jeden einzelnen Strahl kennen zu lernen (Gilb. A. 56, 276, 288 und 299.) Nach ihm ist das Brechungsverhältniß in seinem Flintglas Nr. 13 für den rothen Strahl = 1,63074, für den pomeranzengelben 1,63505, für den schwefelgelben 1,63933, für den grünen 1,64349, für den blauen 1,64775, für den violeten 1,65203; im Crownglas ist das Brechungsverhältniß für die genannten Strahlen 1,52736, 1,52959, 1,53173, 1,53380, 1,53586, 1,53783; im Wasser 1,33209, 1,33359, 1,33501, 1,33635, 1,33763, 1,33888. Man sieht daraus, daß das oben §. 241 angegebene Brechungsverhältniß der verschiedenen durchsichtigen Mittel nur für Einen gefärbten Strahl richtig seyn kann; gewöhnlich gilt dieß für das Licht zwischen gelb und grün, welchem man die mittlere Brechbar-

keit beylegt. Von der verschiedenen Brechbarkeit der farbigen Strahlen des Lichtes kann man sich durch einen sehr einfachen Versuch überzeugen: man befestigt einen rothen und einen blauen Streif neben einander in derselben Horizontallinie: sieht man durch ein Prisma mit abwärts gekehrtem Brechungswinkel auf dieselben, so erscheint der blaue Streif höher, niedriger hingegen, wenn der Brechungswinkel des Prisma nach aufwärts gerichtet ist (Gehler's physik. Wörterb. (1825) 2. Artikel Brechbarkeit).

246. Wenn man das ganze farbige Sonnenbild in 360 gleiche Felder theilt, so nimmt davon das rothe Licht 45, das orange 27, das gelbe 48, das grüne 60, das blaue auch 60, indigo 40, das violete 80 solcher Theile ein. Wenn man diese Farben nach dem genannten Verhältnisse auf eine Scheibe mahlt, und diese, von der Sonne beschienen, schnell drehet, so fließt der Eindruck von Allen im Auge zusammen, und die Scheibe erscheint weiß. Fehlt eine einzige der Farben, so erscheint die Scheibe nicht mehr weiß. Diejenige Farbe, welche einem bestimmten Gemenge von Farben zur Ergänzung zu Weißlichte fehlt, heißt man Ergänzungsfarbe, complementäre Farbe, auch Gegenfarbe. — Die erleuchtende Kraft der verschiedenen Strahlen, d. h. die Stärke des Eindrucks, den sie auf das Auge machen, ist nicht gleich, sondern diese ist in den gelben Strahlen etwas näher an den pomeranzengelben als an den grünen, am größten, und nimmt gegen beyde Enden ab: man kann also dieselbe Schrift vom grünen oder gelben Strahle erhellet in einer größeren Entfernung lesen, als vom rothen oder violeten Lichte erleuchtet. — So ist auch die chemische Wirksamkeit (§. 324) derselben nicht gleich groß, sondern sie nimmt von dem rothen Lichte, worin sie am schwächsten ist, gegen das violete, welches durch die große Brechbarkeit seine mächtige Anziehung, d. h. Verwandtschaft, zu den ponderabeln Stoffen beurkundet, zu: ja außerhalb des violeten Lichtes, wo man mittelst der Augen gar kein Licht mehr bemerkt, zeigen sich noch chemische Wirkungen; indem hier z. B. das Hornsilber am frühesten und dunkelsten sich bräunt. Das Licht muß also Strahlen besitzen, welche desoxydiren ohne zu erleuchten, und welche noch brechbarer als die brechbarsten unter den erleuchtenden, als die violeten, sind. Im blauen Lichte erfolgen alle oben angeführten chemischen Wirkungen viel schneller und auffallender, als im rothen und gelben. Daraus läßt

sich erklären, warum das rothe Quecksilberoxyd seine gesättigte Farbe in blauen Gläsern viel früher als in rothen oder gelben verliert; warum das tropfbare Chlor in jenen viel geschwinder zu gemeiner Salzsäure wird, als in diesen, u. dgl. m. — Die erwärmende Kraft der verschieden gefärbten Strahlen ist dagegen in dem violeten Licht am schwächsten, und nimmt gegen das rothe hin zu. Außerhalb des rothen Lichtes fallen auf eine Strecke von 1½ Zoll noch Strahlen, die bloß erwärmen, ohne zu desoxydiren oder zu leuchten, und die am wenigsten brechbar seyn müssen. Das Sonnenlicht scheint also aus dreyerley Strahlen von ganz verschiedenem Wirkungsvermögen uud von ungleicher Brechbarkeit gemischt zu seyn: aus siebenfärbigen erleuchtenden, aus desoxydirenden, und aus erwärmenden.

Nach Fraunhofer's Versuchen (Gilb. A. 56, 301) hat die Lichtstärke in den verschiedenen Theilen des Farbenbildes folgendes Verhältniß: im äußeren rothen Lichte 32, in der Mitte des rothen 94, im pomeranzengelben 640, zwischen dem pomeranzengelben und schwefelgelben 1000, im grünen 480, im lichtblauen 170, zwischen dem dunkelblauen und violeten 31, in der Mitte des violeten 5,6. Berard fand, daß die Hälfte des Sonnenbildes gegen das rothe Ende zu durch ein biconvexes Glas in einen farbenlosen unbeschreiblich leuchtenden Brennpunct gesammelt werden kann, welcher auf Hornsilber nicht im geringsten wirkt; da hingegen der Brennpunct, welcher durch ähnliche Sammlung der Strahlen der andern Hälfte des Sonnenbildes entsteht, zwar weniger leuchtet, allein das Hornsilber in wenigen Minuten schwärzt. Er fand ferner, daß die zwey Sonnenbilder, welche ein Prisma aus Doppelspathe gibt, gleiche erwärmende Kraft besitzen. (Biot's Bericht über Berard's Abhandl. v. den phys. und chem. Eigenschaften der Sonnenstrahlen, in Gilb. A. 46. — Seebeck von der ungleichen Erzeugung der Wärme im prismatischen Sonnenlichte, in Schweigg. J. 40, 129). Ueber das von Morichini beobachtete, von Configliachi (in Gilb. A. 43, 45, 46) geläugnete, magnetisirende Vermögen der violeten Sonnenstrahlen (s. §. 212*).

247. Fraunhofer hat in dem durch ein Prisma hervorgebrachten Farbenbilde noch eine andere Erscheinung bemerkt. Indem er durch eine senkrechte, äußerst schmale, 1,5 bis 2 Zoll hohe Ritze im Fensterladen einen Lichtstreif auf ein 24 Fuß davon entferntes, fehlerfreyes, vor dem Objectivglase eines guten Fernrohres stehendes Prisma von was immer für einem brechenden Mittel, dessen

Brechungswinkel 60° betrug, so fallen ließ, daß der Winkel des einfallenden Strahles an der vorderen Fläche dem Winkel des gebrochenen Strahles an der hinteren Fläche gleich war; so bemerkte er beym Ansehen des Farbenbildes durch das Fernrohr in demselben sehr viele starke und schwache, größten Theils scharf begränzte senkrechte Linien und Streife, die alle dunkler als der übrige Theil des Farbenbildes, und einige sogar ganz schwarz waren, welche nicht an der Gränze zwischen zwey Farben, sondern größten Theils innerhalb Einer Farbe, und zwar immer an derselben Stelle in dem nähmlichen Farbenfelde erschienen, so verschieden auch das brechende Mittel, aus welchem das Prisma bestand, seyn mochte: so entstand ein gewisser Streif nur immer an demselben Orte im rothen, ein anderer im gelben, ein dritter im grünen Lichte u. s. w. Aus der letzten Ursache, und wegen ihrer scharfen Begränzung, konnte sich Fraunhofer derselben zur Bestimmung der Brechbarkeit der verschieden gefärbten Strahlen in verschiedenen Mitteln bedienen.

Fraunhofer hat eine Zeichnung eines solchen Sonnen-Farbenbildes mit den vorzüglichsten Linien und Streifen geliefert (in den Denkschriften der Münchner Ak. d. Wiss. f. d. Jahre 1814 und 1815; verkleinert in Gilb. A. 56. Tab. 4.). Das Licht der Venus fand er in Bezug auf diese Linien von gleicher Art mit jenem der Sonne; das Licht mehrerer Fixsterne aber nicht nur mit jenem der Sonne, sondern auch unter sich von verschiedener Beschaffenheit. Auch das Lampenlicht, so wie das durch Verbrennen überhaupt entbundene Licht, also unser irdisches Feuer, unterscheidet sich auffallend von dem Sonnenlichte, indem sich in dem Farbenbilde desselben nur Eine sehr helle Linie zwischen dem pomeranz- und schwefelgelben Felde zeigt, welche vorzüglich von dem oberen und unteren Ende der Flamme gebildet zu werden scheint, und von der Alkohol- und Wasserstoffgasflamme besonders hell erscheint; dagegen von der Schwefelflamme kaum erkannt wird. Das elektrische Licht unterscheidet sich in dieser Hinsicht von allen übrigen: in seinem Farbenbilde sieht man mehrere sehr helle Linien, wovon jene im grünen Felde die übrigen an Helligkeit übertreffen (Gilb. A. 56, 270). Weil die 7 prismatischen Farben im Farbenbilde nicht scharf begränzt sind, sondern allmählig in einander übergehen, so behauptete man früher nicht mit Unrecht, daß das Weißlicht zwischen den brechbarsten violeten und den am wenigsten brechbaren rothen Strahlen, aus Strahlen von allen möglichen Mittelgraden der Brechbarkeit zusammengesetzt sey. Seit der Entdeckung der dunkeln Streifen von Fraunhofer aber muß man schließen, daß jeder Art

des Lichtes leuchtende Strahlen von gewissen Graden der Brechbarkeit fehlen, und daß dort, wo diese im Farbenbilde hinfallen sollten, Mangel an Licht, also die dunklen Streifen entstehen; ferner daß in jeder Art von Licht Strahlen von einem andern Grade der Brechbarkeit mangeln, daß daher im Farbenbilde des directen sowohl als reflectirten Sonnenlichtes die schwarzen Streifen an einen andern Ort fallen, als im Farbenbilde der verschiedenen Fixsterne, der Flammen verschiedener brennender Körper u. s. w.

248. Newton nimmt die sieben genannten Farben als Haupt- oder Urfarben an, aus derer Vermischung in verschiedenen Verhältnissen alle übrigen Mittelfarben entstehen. Andere wollen mit Tob. Mayer nur Roth, Gelb und Blau als solche Grundfarben gelten lassen; indem Orange eine Verbindung von Roth und Gelb, Grün von Blau und Gelb, Violet von Roth und Blau sey, und weil nach der Erfahrung die Mahler aus Blau, Roth und Gelb alle anderen Farben zusammensetzen und durch Beymischung von Weiß und Schwarz jeder einfachen und zusammengesetzten Farbe den beliebigen Farbenton geben können. — Die Farben, welche die Körper zeigen, erkläret man aus der verschiedenen Verwandtschaft, welche diese zu dem Lichte und seinen einzelnen Theilen haben, vermög welcher sie das Licht entweder einsaugen und dadurch gleichsam auslöschen, oder ganz oder zum Theil zurückwerfen. Die Körper sind bloß durch das von ihren Oberflächen reflectirte Licht sichtbar; daher vollkommen durchsichtige Körper unsichtbar sind. Hat ein Körper zu allen sieben Lichtstrahlen Verwandtschaft, so saugt er sie alle ein, und wirft gar keinen zurück; es kommt folglich von diesem Körper kein Licht ins Auge, und er muß als ein begränzter Schatten oder schwarz erscheinen. Schwarz verdient also nicht den Nahmen einer Farbe, indem es bloß Mangel an Licht ist. Ein Körper sieht um so dunkler oder schwärzer aus, je weniger Licht er reflectirt; absolut dunkel oder schwarz ist keiner, indem auch der schwärzeste etwas weißes Licht zurückwirft, wie dieses z. B. die schwarzen Spiegel beweisen. Auch Spiegel erscheinen um so schwärzer oder dunkler, je vollkommener sie sind, weil das Bild, welches sie von sich selbst reflectiren, im Verhältnisse mit ihrer Vollkommenheit matter wird (§. 236). Hat der Körper zu keinem der 7 farbigen Strahlen Verwandtschaft, und wirft er sie alle zurück, so erscheint er weiß. Hat der Körper zu allen Strahlen Verwandtschaft, nur zu den blauen nicht, so

schickt er keine andern als die letzteren ins Auge, welches ihn also bloß durch diese, folglich auch nur mit ihrer Farbe sieht. Wirft ein Körper mehrere von den sieben Farbenstrahlen zurück, so erscheint er in der Farbe, welche die Vermischung dieser Strahlen gibt. Wäre das Licht einfach oder unzerlegbar, so würden alle Körper nur Eine Farbe zeigen; so wie man im rothen Lichte oder durch rothe Gläser alle weißen Gegenstände roth, im gelben Lichte oder durch gelbe Gläser Alles gelb u. s. w. sieht.

Das Orange, Grün und Violet des Farbenbildes unterscheiden sich dadurch wesentlich von jedem aus Roth und Gelb gemischten Orange, von jedem aus Gelb und Blau gemischten Grün, und von jedem aus Blau und Roth gemischten Violet, daß sich die ersteren durch neue Brechungen mittelst eines Prisma nicht weiter in verschiedene Farben zerstreuen lassen, sich demnach als einfache Farben bewähren, während das gemischte Orange durch eine solche nachfolgende Brechung in Gelb und Roth, das gemischte Grün in Blau und Gelb, das gemischte Violet in Roth und Blau zerfällt. — Wenn der Farbeneindruck mit der Brechbarkeit des Lichtes, wie es scheint, im nothwendigen Verhältnisse stehet, so müßte man die Zahl der prismatischen Farben, statt die Newton'schen 7 zu beschränken, ins Unzählige vermehren, weil zwischen den rothen und violeten Strahlen eine unzählige Menge anderer von mittleren, allmählig in einander übergehenden Graden der Brechbarkeit liegen. Die meisten durchsichtigen Körper, wie z. B. farbige Gläser, zeigen sowohl durch das reflectirte Licht (wenn man sie ansieht), als mittelst des hindurchgelassenen Lichtes (wenn man durchsieht), dieselbe Farbe; einige aber, wie Hämatine, Selen, die Tinctur von Roßkastanienrinde, von blauem Sandelholz u. a. m. zeigen durch reflectirtes Licht eine andere Farbe, als mittelst des hindurchgelassenen. Werden Gegenstände von allen Farben in einfärbiges Licht gebracht, oder durch ein gefärbtes Glas betrachtet, so wird wohl die Farbe der Gegenstände, welche mit jener des Lichtes oder Glases übereinkommt, sehr erhöht, und alle übrigen anders gefärbten Körper bekommen einen Stich von der Farbe des Lichtes; allein man unterscheidet doch noch die verschiedenen Farben der letzteren. Dieses kommt daher, weil sowohl bey der Brechung mittelst des Prisma keines der 7 Felder des Sonnenbildes vollkommen homogenes (einfärbiges) Licht enthält, und weil alle farbigen Gläser, nebst dem Lichtstrahle von ihrer Farbe, noch unzerlegtes Weißlicht durchgehen lassen, so wie alle farbigen undurchsichtigen Körper nebst der Hauptfarbe noch andere gefärbte Strahlen und etwas Weißlicht reflectiren. Bey der Brechung durch das Prisma würde man in jedem der 7 Felder nur unter zwey unerfüllbaren Bedingungen voll-

kommen homogenes Licht erhalten: nähmlich, wenn das Prisma unendlich schmal, oder die das Sonnenbild auffangende Fläche unendlich weit von dem Prisma entfernt wäre. Ist das Prisma nur zwey Zoll breit, so vertheilen sich die Strahlen von jeder Farbe wenigstens auf einen Raum von zwey Zoll, d. h. würden für sich, wenn sie allein da wären, ein kreisrundes Sonnenbild von 2 Zoll im Durchmesser darstellen; folglich fallen (bey der gewöhnlichen Entfernung der auffangenden Fläche vom Prisma) viel gelbe Strahlen in das Feld der rothen u. s. w., und diese Vermischung geschieht um so häufiger, je näher die auffangende Fläche an das Prisma gebracht wird; daher man unmittelbar hinter dem letzteren gar kein Farbenbild, sondern bloß Weißlicht erhält, indem hier schon die äußersten violeten Strahlen in die äußersten rothen fallen, die Strahlen aller 7 Farben also noch vollkommen zu Weißlichte gemischt sind. Je weiter die das Farbenbild auffangende Fläche hinter dem Prisma steht, desto entwickelter, homogener, aber desto schwächer sind auch die einzelnen Farben, so daß sie in einer sehr großen Entfernung ganz unwahrnehmbar werden. Dasselbe erfolgt mit dem Schmälerwerden des Prisma. (Mit dieser Einschränkung ist das §. 247* Gesagte zu verstehen). Käme das auf das Prisma fallende Licht von einer größeren Fläche, so würde es, selbst wenn es unendlich weit hinter einem unendlich schmalen Prisma aufgefangen würde, keine homogenen Farben geben; daher sind die Farben um so reiner, durch eine je feinere Oeffnung das Licht auf's Prisma fällt: aus dieser Ursache können die Farben des Regenbogens nicht homogen seyn, indem der Durchmesser der Sonne viel zu groß ist. Fällt der durch eine sehr feine Oeffnung dringende Strahlenbündel unter einem bestimmten Winkel auf die Fläche eines Prisma, so kann man annehmen, daß alle Strahlen unter demselben Winkel einfallen, und daß nach der Brechung die Strahlen jeder Farbe zwar unter einem anderen Winkel als die Strahlen der andern Farben, aber vollkommen parallel unter einander das Prisma wieder verlassen werden; läßt man nun die durch das Prisma gebrochenen Strahlen auf das Objectiv eines Fernrohrs fallen, welches die Eigenschaft hat, die parallelen Strahlen in seinem Brennpuncte zu vereinigen, und sieht man das dadurch in diesem Brennpuncte entstandene Farbenbild mittelst des Ocularglases des Fernrohrs an, so erscheint jede Farbe vollkommen homogen abgesondert von der andern, so wie es die Fig. 95 zeigt. Darin besteht das von Fraunhofer angegebene Mittel, homogenes Licht zu erhalten. Brewster fand später, daß die vordere Hälfte einer stark geblasenen Löthflamme, so wie überhaupt die Flamme unvollkommen verbrennender Körper, aus homogenem Lichte bestehen, und gründete darauf die Darstellung seiner monochromatischen Lampe, welche aus einer mit schwachem

Alkohol gefüllten Platin-Schale besteht, worin sich ein kleiner Badeschwamm, oder auch nur kleine Drahtstückchen befinden, welche, während der Alkohol brennt, von unten her mäßig erwärmt wird. Nach Talbot erhält man eine monochromatische Lampe mit gelbem Lichte, wenn man den Docht mit einer Kochsalzlauge tränkt, trocknet, dann wieder in die Lampe einsetzet. Eine solche Lampe gewährt bey mikroskopischen Beobachtungen eine ungemeine Deutlichkeit der Bilder, weil keine Farbenzerstreuung möglich ist. Nach Herschel gibt sehr lebhaft verbrennender Schwefel, wenn man ihn z. B. in eine weißglühende Schale wirft, ein homogenes gelbes Licht, das aber, so wie die Temperatur und damit die Intensität der Verbrennung sich vermindert, im Spectrum auch die blaue und grüne Farbe zu entwickeln anfängt (Schweigger's J. 48, 446.)

249. Schon oben (§. 241*) wurde der Grund der verschiedenen Brechbarkeit des Lichtes in ungleichartigen Mitteln in dem Verwandtschaftsgrade gesucht, mit welchem das Mittel auf das Licht wirket, und gefunden, daß das Licht von einem Mittel desto mehr gebrochen wird, je größer die Verwandtschaft zwischen beyden ist. Nimmt man nun noch an, daß ein und dasselbe Mittel zu jedem der sieben Farbenstrahlen, aus denen das Licht bestehet, einen andern Grad von Verwandtschaft oder Anziehung äußert, so kann man einsehen, warum diese Strahlen verschiedene Brechbarkeit besitzen, und hiermit das Phänomen der Farbenzerstreuung erklären: das gewöhnliche Glas hat zu den violeten Strahlen die größte Verwandtschaft, darum werden diese am weitesten abgelenkt; zu den rothen die geringste, weßwegen diese nur wenig gebrochen werden. Da die durchsichtigen Körper die Farben zerstreuende Kraft nicht im gleichen Verhältnisse, und auch nicht im geraden Verhältnisse mit ihrem Brechungsvermögen besitzen: so könnte es wohl auch Mittel geben, welche zu allen sieben farbigen Strahlen eine fast gleiche Verwandtschaft äußern: diese würden also das Licht kaum merklich zerstreuen, und uns bey jenen optischen Instrumenten, derer Vollkommenheit durch die Farbenzerstreuung leidet, gute Dienste leisten. Nach Wünsch und Seebeck hängt der Ort, wohin die meisten erwärmenden Strahlen im Sonnenbilde fallen, auch von der Materie des Prisma ab, so daß dieser, wenn das Prisma mit Weingeist oder Terpenthinöhle gefüllt ist, auf die Gränze zwischen Gelb und Roth fällt. — Wenden wie dieselben Verwandtschaftsgesetze auf das zurückgeworfene Licht bey undurchsichtigen Körpern an,

so können wir den Grund der verschiedenen Farben angeben, welche diese Körper zeigen: ein undurchsichtiger Körper absorbirt, verschluckt oder fixirt jene gefärbten Strahlen, zu denen er eine große Verwandtschaft hat, und wirft jene zurück, derer Expansivkraft er durch seine Verwandtschaft nicht überwinden kann.

Herr v. Göthe erklärt die Farbenerscheinungen aus dem Gegensatze zwischen Licht und Finsterniß, welche ebenfalls als etwas Positives angenommen wird (Zur Farbenlehre 2. B. Tübingen 1810). Nach der Vibrationstheorie hängen die verschiedenen Farben von der Länge der Lichtwellen ab: aus den später zu erwähnenden Erscheinungen der Interferenz hat Fresnel die Länge einer Welle im rothen Lichte auf 0,000620 Millimeter = 0,000023 W. Zoll, im pomeranzengelben auf 0,000583 Millimeter, im schwefelgelben auf 0,000551, im grünen auf 0,000512, im lichtblauen auf 0,000475, im dunkelblauen auf 0,000449, im violeten auf 0,000423 Millimeter = 0,000016 W. Zoll berechnet (Gilb. A. 79, 114). Damit stimmen zum Verwundern Fraunhofer's Rechnungen überein, welcher für die verschiedenfarbigen Lichtwellen folgende Werthe in P. Zoll fand: im Rothen 0,00002422, im Pomeranzengelben 0,00002175, im Grünen 0,00001945, im Lichtblauen 0,00001794, im Dunkelblauen 0,00001587, im Violeten 0,00001464 (Gilb. A. 74, 369). Nach dieser Hypothese muß man annehmen, daß die Wellen des Weißlichtes unter den angeführten Umständen bey der Brechung in Wellen von siebenerley verschiedener Länge zerlegt werden, und dadurch die sieben prismatischen Farben darstellen; daß die farbigen Körper die Eigenschaft, eine bestimmte Farbe zu zeigen, erlangen, indem sie entweder durch ihre eigene Elasticität, oder durch jene des in ihren Zwischenräumen verdichteten und dadurch in seiner Elasticität modificirten Aethers die Wellen des auf sie fallenden Weißlichtes in Wellen von der Länge des von ihnen reflectirten oder durchgelassenen farbigen Lichtes umstalten.

250. Solche Substanzen, welche gewisse gefärbte Strahlen vorzüglich zurückwerfen, und welche durch ihre Verbindung andern Körpern diese Eigenschaften gleichfalls mittheilen, heißen Pigmente, manchmahl auch Farben, obschon in einem ganz andern Sinne, als wenn wir damit die unmittelbare Ursache der Farbenempfindung bezeichnen, welche eigentlich im Lichte liegt. Es gibt wenige Pigmente, welche die Farben so rein reflectiren, als sie im Sonnenfarbenbilde erscheinen, weil meistens nebst der Hauptfarbe auch andere Strahlen reflectirt werden; denn selbst die reinsten und gesättigsten

unserer Pigmente, wie z. B. der Karmin, das rothe Safflorpigment, der Indigo, Ultramarin, das Gummigutt u. dgl. m. werden als schmale Streifen auf schwarzem Grunde durchs Prisma immer mit den prismatischen Farben eingesäumt gesehen. — Wir geben durch Pigmente den Körpern Farben, indem wir entweder ihre Oberfläche damit überziehen, wie beym Anstreichen, in der Oehlmahlerey überhaupt; oder indem wir ihre ganze Substanz damit durchdringen, wie z. B. beym Blaufärben der Wolle; oder indem wir durch chemische Mittel eine Aenderung der Zusammensetzung des zu färbenden Körpers hervorbringen, wie wir z. B. durch Einwirken von verdünnter Salpetersäure die weiße Seide gelb färben, alle frischen Pflanzenfarben durch Chlor in Weiß, die Farbe des Lackmus durch alle Säuren in Roth verändern u. dgl. m. Auf den letzten zwey Wegen zu bewirken, daß Körper bestimmte Farben reflectiren, ist das Geschäft der Färbekunst (Scholz Lehrb. d. Chemie. 2, 574).

Zufällige oder subjective Farben nennet man diejenigen, wovon die Ursache nicht im Lichte, sondern im Auge liegt, welches z. B. auf weißem Grunde ein bläulich grünes Viereck, d. h. die complementäre oder entgegensetzte Farbe sieht, wenn es sich durch langes Ansehen einer solchen grell rothen Figur ermüdet, oder gegen ihren Eindruck abgestumpft hat. Hierher mögen wohl auch die gefärbten Schatten gehören, welche entstehen, wenn derselbe Körper durch zwey verschiedenartige Lichter, z. B. durch schwaches Tageslicht und durch Kerzenlicht beleuchtet, zwey Schatten wirft. Physiologische Farben. S. Darwin's Zoonomie oder Gesetze des organischen Lebens. — v. Göthe: Zur Farbenlehre.

Interferenz des Lichtes.

251. Unter Interferenz versteht man den Inbegriff und die Ursache der Erscheinungen, welche durch die wechselseitige Einwirkung von Lichttheilchen hervorgebracht werden, die von derselben Quelle ausgehend sich im Raume wieder treffen, nachdem sie Wege von verschiedener Länge zurückgelegt haben: Lichtstrahlen, welche bey ihrem Zusammentreffen die gleich zu beschreibenden Erscheinungen hervorbringen, interferiren sich. Um die Erscheinung der Interferenz in der einfachsten Form zu beobachten, läßt man durch eine feine Oeffnung einen Strahl homogenen, z. B. rothen Lichtes auf zwey schwarze Glasspiegel oder auch Metallspiegel fallen, welche so

zusammengefügt sind, daß sie einen äußerst stumpfen einspringenden Winkel miteinander machen, daß aber keiner der beyden zusammengefügten Ränder im Geringsten vorstehe: in jedem der zwey Spiegel wird sich ein Bild von dem leuchtenden Puncte zeigen, und diese zwey Bilder werden einander um so näher liegen, unter einem je stumpferen Winkel die Spiegel verbunden sind. In einiger Entfernung vor den Spiegeln fängt man die von ihnen reflectirten Strahlen mit einem Converglase (Loupe) von kurzer Brennweite auf, die man so vor das Auge hält, daß die ganze durchsichtige Hornhaut erleuchtet ist, und durch die man nach dem hellen Raume hinsieht, in welchem sich die von den beyden Spiegeln reflectirten Strahlen kreuzen. In diesem Raume wird man nun eine Menge paralleler, gleichweit von einander abstehender, abwechselnd heller (von der Farbe des angewendeten, homogenen, also in dem gegebenen Falle rothen Lichtes) und dunkler Streifen wahrnehmen, welche sämmtlich senkrecht auf der beyde Bilder verbindenden Linie stehen: der mittelste Streif ist immer hell und liegt zwischen zwey dunklen von dem tiefsten Schwarz; auf diese folgt wieder von beyden Seiten ein heller, dann wieder ein schwarzer u. s. f., doch nimmt sowohl die Helle als die Dunkelheit der abwechselnden Streifen von der Mitte gegen Außen zu immer ab, so daß sie allmählich unmerklich werden. Die dunklen Streifen der ersten, zweyten und dritten Ordnung sind beynahe vollkommen schwarz, also viel dunkler als der bloß durch das von Einem der Spiegel reflectirte Licht erleuchtete Raum. Fängt man das von Einem der Spiegel reflectirte Licht auf, so verschwinden die Streifen sogleich, und der Raum ist nun gleichförmig durch das von dem andern Spiegel reflectirte Licht erleuchtet. Man sieht daraus, daß die Streifen durch die wechselseitige Einwirkung der beyden reflectirten Lichtbündel erzeugt worden sind, und daß also durch eine gewisse Wirkung von Licht auf Licht Dunkelheit entstehen kann. Mißt man nun die Entfernungen dieser Streifen, so findet man, daß der mittelste helle Streif genau in der Mitte zwischen beyden von den Spiegeln reflectirten Bildern des leuchtenden Punctes liegt, daß also von beyden leuchtenden Puncten das reflectirte Licht einen gleichen Weg zu machen hatte, um dorthin zu gelangen. Mißt man darauf die Entfernung von der Mitte der ersten lichten Streifen der linken Seite zu den ersten lichten Streifen der rechten Seite; so weiß man die Differenz des Weges, den das von einem, und von

dem andern Spiegel reflectirte Licht zu machen hatte, um in der Mitte jedes dieser Streifen anzulangen: diese Differenz, welche immer der Breite eines lichten und eines dunklen Streifens zusammen genommen gleich seyn muß, bezeichne man mit d. Mißt man nun weiter, so findet man, daß diese Differenz für die hellen Streifen der zweyten, dritten, vierten u. s. w. Ordnung gleich ist 2 d, 3 d, 4 d u. s. f., weil die lichten und dunklen Streifen gleich breit sind, so folgt daraus, daß die Differenzen des Weges, welchen das Licht von einem und von dem andern leuchtenden Puncte zurücklegen muß, um in die Mitte der aufeinander folgenden dunklen Streife anzulangen, gleich seyn müssen $\frac{1}{2}$ d, $\frac{3}{2}$ d, $\frac{5}{2}$ d, $\frac{7}{2}$ d, u. s. w. Daraus folgt, daß zwey aus der nähmlichen Quelle kommende getrennte Strahlen durch ihre wechselseitige Einwirkung ihr Leuchtvermögen erhöhen, wenn sie, ehe sie sich wieder treffen, Wege zurückgelegt haben, die entweder ganz gleich sind, oder deren Differenz = 2 d, 3 d, 4 d, beträgt; hingegen ihr Leuchtvermögen aufheben, also Dunkelheit erzeugen, wenn die Differenz der genannten Wege = $\frac{1}{2}$ d, $\frac{3}{2}$ d, $\frac{5}{2}$ d, $\frac{7}{2}$ d, $\frac{9}{2}$ d, $\frac{11}{2}$ d, u. s. w. ist. Wendet man statt des rothen Lichtes homogenes Licht von einer andern Farbe an: so tritt dieselbe Erscheinung ein, nur haben die Streifen eine andere Breite, d also einen andern Werth. Ein lichter und ein dunkler Streif zusammengenommen, ist breit (oder der Werth von d beträgt) im rothen Lichte 0,000620 Millimeter = 0,000023 W. Zoll; im pomeranzengelben 0,000583 Millimeter; im schwefelgelben 0,000551; im grünen 0,000512; im lichtblauen 0,000475; im dunkelblauen 0,000449, im violeten 0,000423 Millimeter = 0,000016 W. Zoll.

Die Erscheinungen der Interferenz, welche schon von T. Meyer bemerkt und unter dem Nahmen der Lichtpausen beschrieben (in Com. soc. reg. Goetting. 1816 und 1818, dann in T. Meyers Anfangsgründen der Naturlehre, 4. Aufl. 303 u. 305) später von Young weiter ausgeführt wurde, hat den Nahmen von dem englischen Worte *to interfere*, welches aneinandergerathen, sich widerstreben heißt. Aus dem Angeführten erhellet, daß der Werth für d in jeder Farbe genau der Länge einer Lichtwelle von dieser Farbe entspricht. Daher läßt sich auch diese Erscheinung nach der Vibrations-Theorie leicht erklären. Jede Lichtwelle besteht aus zwey Hälften; die Bewegung in der vorderen Hälfte ist der Bewegung in der hinteren Hälfte ganz gleich, geschieht aber in entgegengesetzter Richtung. Wenn also zwey Lichtwellen sich so begegnen, daß die vordere Hälfte der einen mit der hinteren Hälfte der andern ge-

rade zusammenfällt, so müssen sich die entgegengesetzten Bewegungen aufheben, daher Ruhe, d. h. Finsterniß, entstehen; begegnen sich aber zwey Lichtwellen so, daß die vordere Hälfte der einen mit der vorderen Hälfte der andern zusammentrifft, und daß eben so die hinteren Hälften beyder zusammenfallen, so müssen sie in Eine Welle mit doppelter Intensität der Bewegung, folglich auch mit verdoppelter Lichtintensität zusammenfließen. Der erste Fall tritt ein, wenn die Differenz der Wege vom leuchtenden Puncte bis zum Zusammentreffen 1, 3, 5, 7, u. s. w. halbe Lichtwellen, also, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{5}{2}$, $\frac{7}{2}$ d u. s. w. beträgt, der zweyte Fall aber dann, wenn die Wege entweder gleich sind, oder wenn die Differenz der Wege 2, 3, 4, u. s. w., ganze Lichtwellen, also 0, 2, 3, 4, u. s. w. d ausmacht. Daher verändern die Streife sogleich ihre Stelle, wenn das von dem Einen Spiegel reflectirte Licht einen in seinem Brechungsvermögen von der atm. L. verschiedenen Körper, z. B. Glas, durchstrahlet, und diese Ortsveränderung stehet mit dem Brechungsvermögen dieses Zwischenmittels im genauen Verhältnisse: daher hat man sich dieser Methode zur genauesten Bestimmung des Brechungsvermögens durchsichtiger Substanzen bedienet (Fresnel in Gilb. A. 81, 253). Etwas Aehnliches kann man an den Wasserwellen beobachten. Wenn man auf ruhiges Wasser gleichzeitig zwey gleich große Steine in einiger Entfernung von einander fallen läßt, so werden sich die von beyden erregten Wellenringe kreuzen: dort wo die Erhöhung der einen von zwey sich kreuzenden Wellen mit der Erhöhung der andern zusammentrifft, wird eine noch höhere Welle entstehen; dort aber, wo die Erhöhung der einen Welle mit der Vertiefung der andern zusammentrifft, vernichten sie einander so, daß dieser Theil des Wassers weder höher, noch niedriger als der ganze übrige Wasserspiegel stehet. Warum die Erscheinung der Interferenz so selten beobachtet wird, ungeachtet sich Lichtwellen so häufig kreuzen müssen, erkläret Fresnel (in Gilb. A. 81, 233) aus folgenden Umständen: 1) Lichtstrahlen, welche sich interferiren, müssen aus derselben Quelle kommen. 2) Sie müssen in ihrem Gange nur um eine geringe Zahl von Undulationen verschieden seyn. 3) Sie dürfen sich nicht unter einem zu großen Winkel kreuzen, weil sonst die Streifen zu schmal werden. 4) Wenn die Strahlen nicht parallel sind, sondern nur einen kleinen Winkel bilden, muß der leuchtende Gegenstand, der sie aussendet, sehr klein seyn.

252. Wenn man statt homogenen Lichtes heterogenes, z. B. Weißlicht auf die Spiegel fallen läßt, und es nach seiner Reflexion auf dieselbe Art beobachtet, so bemerkt man auch helle und dunkle Streifen, die aber mit den lebhaftesten prismatischen Farben geschmückt sind, und in einem viel geringeren Abstande von der Mitte

schon verschwinden. Die Ursache ist leicht einzusehen, wenn man bedenkt, daß die Streifen einer jeden der sieben Farben, aus welchen das Weißlicht besteht, eine andere Breite haben, daß also der Streif von jeder Farbe einen andern Platz von der Mitte weg einnehmen muß; daß nach einiger Wiederhohlung die lichten Streifen der einen Farbe mit den dunklen Streifen der andern Farbe zusammenfallen, daher vom Mittelpuncte weg immer weniger deutlich werden, und sich endlich ganz verwischen müssen.

Young beobachtete dieselben Erscheinungen, indem er Licht durch zwey nahe und sehr enge Spalten einfallen ließ; so wie auch in dem Schatten eines dünnen Drahtes, den er senkrecht in den durch eine enge Oeffnung in das finstere Zimmer einfallenden Strahlenkegel hielt. Auch folgende, schon von Newton beobachtete und sehr genau beschriebene Erscheinung scheint hierher zu gehören. Er legte auf ein convex-convexes Glas von sehr großer Brennweite ein planconvexes mit seiner ebenen Seite, und ließ dann homogenes, z. B. rothes Licht, darauf fallen. Indem er die zwey Gläser allmählich gegen einander drückte, und sich so vor dieselben stellte, daß er das reflectirte Licht genau beobachten konnte, zeigten sich um den Mittelpunct, worin die Gläser sich zu berühren schienen, abwechsend helle rothe, und dunkle, beynahe schwarze Ringe, die sich bey zunehmendem Drucke allmählich erweiterten, indem sich aus dem Mittelpuncte in eben demselben Verhältnisse wieder neue entwickelten, bis zuletzt, wenn bey der innigen Berührung der Gläser in dem Mittelpuncte alle Lichtstrahlen wie durch ein einziges Glas durchgelassen wurden, dort ein schwarzer Fleck entstand. Betrachtete Newton die Gläser von hinten, also im durchgehenden Lichte, so fand er auch hier die abwechselnden rothen und schwarzen Ringe, nur mit dem Unterschiede, daß an jener Stelle, wo im reflectirten Lichte ein rother Ring erschien, im durchgelassenen ein schwarzer sich zeigte, und so umgekehrt. Die schwarzen Ringe im reflectirten Lichte entstanden also dadurch, daß an diesen Stellen alles Licht durchgelassen, also keines reflectirt wurde, und die schwarzen Ringe im durchgelassenen Lichte, weil an diesen Stellen alles Licht reflectirt, und keines durchgelassen wurde. Newton suchte mit Recht die Ursache davon in der verschiedenen Dicke der Luftschichte, die zwischen den zwey Gläsern in verschiedener Entfernung vom Mittelpuncte sich befand. Er maß nun den Halbmesser der Ringe, und da ihm die Krümmung des convexen Glases ebenfalls genau bekannt war; so konnte er die den rothen und schwarzen Ringen entsprechende Dicke der Luftschichten leicht berechnen: er fand auf diese Art, daß die letzteren für die auf einander folgenden rothen Ringe wuchs wie die Zah-

len 1, 2, 3, 4 u. s. w., d. h. daß sie für den zweyten rothen Ring zwey Mahl, für den dritten drey Mahl so dick war wie für den ersten, daß sie hingegen für die auf einander folgenden schwarzen Ringe wuchs wie $1/2$, $3/2$, $5/2$, $7/2$ u. s. f. Ließ er statt rothen Lichtes gelbes auf die Gläser fallen, so erschienen gelbe und schwarze Ringe von etwas kleinerem Durchmesser, und so nahm der Durchmesser der Ringe, folglich auch die damit im Verhältnisse stehende Dicke der Luftschichte, von dem rothen zum violeten Lichte immer ab, so daß die Dicke der Luftschichte, welche den Ringen von gleicher Ordnung entsprach, im rothen und im violeten Lichte sich zu einander wie 14 : 9 verhielten. Dem inneren Ringrande des äußersten violeten Lichtes entspricht eine Dicke der Luftschichte = 2, des Lichtes von der Gränze zwischen Violet und Indigo = 2,2, von der Gränze zwischen Indigo und Lichtblau = 2,3, von der Gränze zwischen Blau und Grün = 2,4, zwischen Grün und Gelb = 2,6, zwischen Schwefel- und Pomeranzengelb = 2,8, zwischen Pomeranzengelb und Roth = 2,9, von der äußersten Gränze des Roth = 3,2 in Milliontheilen eines Zolles. Ließ Newton statt homogenen Lichtes heterogenes, also Weißlicht, auf die Gläser fallen, so entstanden um den schwarzen Punct an der Berührungsstelle der zwey Gläser, sowohl im reflectirten als durchgelassenen Lichte, farbige Ringe (die unter dem Nahmen der Newton'schen Farbenringe bekannt sind), doch so, daß die im durchgelassenen Lichte erscheinenden Farben immer die complementären derjenigen waren, die an derselben Stelle sich im reflectirten Lichte zeigten. Die Folge dieser Farbenringe sowohl im reflectirten als durchgelassenen Lichte zeigt die Fig. 96, welche die Hälfte des Durchschnittes der Gläser vorstellet, vom Berührungspuncte C bis zum Rande A. Befindet sich statt Luft Wasser zwischen den beyden Gläsern, so erscheinen dieselben Farbenringe, nur etwas matter, und von anderen Dimensionen. Auch im luftleeren Raume kommen sie zum Vorscheine. Bey Veränderung der Lage des Auges gegen die Gläser ändern sie ebenfalls ihre Dimensionen. Newton suchte diese Erscheinungen durch eine vorübergehende, aber periodisch (und zwar für die verschiedenen Farben in ungleichen Zwischenzeiten oder Zwischenräumen) wiederkehrende Disposition zu erklären, welche jedes in ein anderes Mittel eingetretene Lichttheilchen während des Strahlens durch dieses Mittel erlangt, und vermög welcher es, wenn es während derselben eine neue brechende Fläche erreicht, leicht durch sie hindurchgeht, statt daß es, wenn es in den Zwischenzeiten, wo diese Disposition nicht Statt findet, an eine neue brechende Fläche gelangt, leichter zurückgeworfen wird: Newton nannte diese abwechselnden Dispositionen zum leichteren Durchgehen oder Zurückgehen Anwandlungen des leichteren Durchganges und

der leichteren Zurückwerfung. Dieser Ansicht entsprechend erkläret Newton die Verschiedenheit der Farben, welche die Körper zeigen, aus der verschiedenen Dicke der Schichten, aus denen sie bestehen, oder bis auf welche das Licht eindringet, nach welcher nur jener gefärbte Strahl, der sich gerade in der dieser Dicke entsprechenden Disposition der leichteren Zurückwerfung befindet, zurück geworfen wird, während die übrigen Strahlen absorbirt oder durchgelassen werden (Newton's Optic. T. 2.) Auf gleiche Art erkläret Newton mit mathematischer Genauigkeit die Farbenerscheinungen, welche beym Durchgange und bey der Reflexion des Lichtes durch dünne Schichten überhaupt entstehen, wohin das Farbenspiel der Seifenblasen, der Schmetterlingsflügel, Fischschuppen, der Perlmutter, verschiedener Steine, an der Atmosphäre matt gewordener Glasscheiben, angelaufener Metalle, krystallisirender Salze u. dgl. m. gehören. Nach der Vibrations-Theorie lassen sich diese Erscheinungen durch die Interferenz leicht erklären. *Biot traité de physique t.* 4. — Gehler's physik. Wörterbuch 1825. 1. Bd. Artikel Anwandlungen. — *Poisson sur les anneaux colorés, ann. de chim. et phys.* 22, 337. — D. Th. Young und Lüdike in Gilb. A. 39, 156. — Fresnel über das Licht in Gilb. A. 79, 80 u. 303; dann 81, 223. — Fraunhofer in Gilb. A. 74, 368).

Beugung des Lichtes.

253. Unter Beugung (inflexio) des Lichtes versteht man die zuerst von Grimaldi 1660 beobachteten Veränderungen, welche nahe an den Begränzungen eines ponderablen Körpers vorbeygehende Lichtstrahlen erleiden. Wenn man auf ein dünnes, in einem Fensterladen befestigtes, und mit einer sehr feinen Oeffnung oder sehr engen senkrechten Spalte versehenes Metallblech mittelst des Heliostaten Sonnenstrahlen so wirft, daß sie hinter der feinen Oeffnung in einem finstern Zimmer einen wagrechten Strahlenkegel oder Strahlenkeil bilden, wenn man in diesen senkrecht einen geraden Draht stellet, und den Schatten des letzteren in einer Entfernung von mehreren Fuß mit einer senkrechten weißen Fläche, oder noch besser mit einer etwas mattgeschliffenen Glastafel auffängt; so bemerkt man: a) daß der Schatten nicht die Größe hat, welche er der geometrischen Construction nach haben sollte; b) daß seine Ränder nicht scharf begränzt, sondern gleichsam verwaschen sind; c) daß diese verwaschenen Ränder mit prismatisch farbigen Streifen eingefaßt sind, von denen man drey mit Deutlichkeit unterscheiden kann,

und derer Breiten von Außen nach Innen zunehmen (äußere Streifen); d) daß selbst im Innern des Schattens bis zu seiner Mitte helle und dunkle Zonen abwechseln (innere Streifen). Noch deutlicher zeigen sich diese Erscheinungen, wenn man das Licht durch zwey senkrechte, sehr enge und nahe Schlitze oder Spalten einfallen läßt, in dem Schatten, den die Scheidewand macht, welche hier die Stelle des Drahtes vertritt. Verschließt man nur den Einen Schlitz, so verschwinden die innern Streifen gänzlich, und an den Gränzen des übrig bleibenden Lichtbündels bemerkt man bloß die äußeren Streifen. Da es einerley ist, ob die beugenden Begränzungen des undurchsichtigen Körpers von einander abgewendet sind, wie bey dem Drahte, oder ob sie einander zugewendet sind, so kann man einen Lichtkegel mittelst eines undurchsichtigen Schirmes auffangen, der eine sehr feine senkrechte Spalte hat. Um dieses Phänomen auf die einfachste Form zurückzuführen, läßt man durch die eben beschriebene Spalte homogenes, z. B. rothes Licht, auf das Objectivglas eines Fernrohres fallen, welches gerade gegen die Spalte gerichtet ist: man sieht dann in der Mitte die Spalte mit rothem Lichte, von beyden Seiten derselben zwey beynahe schwarze Streifen, auf welche wieder beyderseits ein heller, darauf wieder ein dunkler u. s. w. mit immer geringerer Lichtdifferenz folgen, bis sie nach einer ziemlich großen Zahl von Wiederhohlungen unmerklich werden. Die rothen sowohl als dunklen Streifen haben einerley, und zwar bey allen Wiederhohlungen dieselbe Breite, daher auch der 3te, 4te, 5te, 6te dunkle oder rothe Streif vom Mittelpuncte nach der einen Seite eben so weit absteht, als noch der andern Seite zu. Mit Lichtstrahlen von jeder andern prismatischen Farbe erfolgen dieselben Erscheinungen; nur haben die Streifen eine andere, für jede Farbe gleichbleibende Breite, folglich auch eine andere Entfernung vom Mittelpuncte: die rothen Streifen sind die breitesten, die violeten die schmälesten. Mißt man genau, so findet man, daß die Breite der Streifen in jeder Farbe ganz mit der oben angegebenen Länge einer Lichtwelle in der nähmlichen Farbe übereinkommt. Macht man dieselben Versuche mit Weißlichte, so sieht man in der Mitte die weiße Spalte, welche an den Gränzen aus dem Gelben ins Rothe übergeht, von beyden Seiten derselben aber Streifen mit lebhaften prismatischen Farben, und zwar mit der violeten Farbe anfangend, und mit der rothen schließend, auf welche bey-

derseits ein zweytes Farbenbild mit weniger lebhaften Farben folgt, worin schon die violete fehlt, bis sich diese Farbenbilder (von Fraunhofer Spectra der ersten Classe genannt) nach drey- bis viermahliger Wiederhohlung und mit jedesmahliger Auslassung Einer Farbe von der violeten gegen die rothe zu, verwischen. In demselben Verhältnisse, wie die Farben mit ihrer Entfernung von der Mitte schwächer erscheinen, werden sie auch homogener, denn die lebhaften Farben zunächst an der Mitte bestehen nicht aus homogenem Lichte. Die Breite der farbigen Streifen, folglich auch ihre Entfernung vom Mittelpuncte und die Deutlichkeit der einzelnen Farben stehet mit der Weite des Schlitzes im umgekehrten Verhältnisse; wenn die letztere gewisse Gränzen überschreitet, erscheinen gar keine Farben mehr. Die Materie des Schirms, worin sich der Schlitz befindet, hat auf die Erscheinung gar keinen Einfluß; sondern diese bleibt dieselbe, der Schirm mag aus was immer für einem Metalle, aus Holz, Kohle u. dgl. m. seyn.

Nach Fraunhofer und Fresnel sind die Streifen wohl parallel, aber nicht ganz geradlinig, sondern wie Theile einer großen Hyperbel gekrümmt. Aus den angeführten Erscheinungen folgt, daß die ponderablen Körper auf die zunächst an ihren Begränzungen vorbeyfahrenden Lichtstrahlen wirken, sie von der geradlinigen Bahn ablenken oder beugen, und daß sie diese Wirkung auf die verschiedenfärbigen Strahlen in einem ungleichen Grade ausüben; auf die rothen im höchsten, auf die violeten im schwächsten Grade; daß durch die Verschiedenartigkeit der Materie des beugenden Körpers diese Einwirkung nicht verändert wird; daß zur Hervorbringung der inneren Streifen und Ringe die wechselseitige Wirkung der an beyden Rändern gebeugten Lichtstrahlen gehört, und daß hier das Meiste gilt, was oben von der Interferenz der Lichtstrahlen gesagt worden ist. Ueberhaupt kann die ganze Erscheinung, welche, wenn man sie von der Anziehung des beugenden Körpers auf das vorbeystrahlende Licht ableiten will, den meisten Brechungsgesetzen ganz zu widersprechen scheint, durch die Interferenz erklärt werden: nach der Vibrations-Theorie werden die Ränder des dunklen schattenwerfenden Körpers oder der Spalte, den Gesetzen der Wellenbewegung entsprechend, zu Mittelpuncten neuer Wellen-Systeme, derer Wellen sich kreuzen, dadurch interferiren, und auf die oben angezeigte Art die lichten, dunklen und farbigen Streifen erzeugen; nach dem Emanations-Systeme aus den Anwandlungen (§. 252*). — Nach Fresnel läßt sich die Lichtbeugung am besten beobachten, wenn man in den Fensterladen eine Convexlinse von

sehr kurzer Brennweite einsetzet, und darauf das Sonnenlicht senkrecht reflectirt: die Sonnenstrahlen sammeln sich hinter der Linse in einem sehr kleinen Brennraume, und bilden von hier aus einen sehr hellen, breiten, regelmäßigen Lichtkegel. Auch darf man die Streifen nicht eben auf eine matte Glastafel fallen lassen, sondern man kann sie mittelst einer Loupe direct ansehen: nach dieser Methode kömmt der Versuch beynahe ganz mit dem oben zur Erklärung der Interferenz angeführten überein, gibt aber die Erscheinungen so deutlich, daß man die Streifen selbst in dem gebeugten Lichte eines Fixsternes wahrnehmen kann. In Mayer's Inflexioskop, d. h. ein Metallrohr mit geschwärzten inneren Wänden, fällt das Licht durch eine feine Spalte in den Blechdeckel (welcher hier die Stelle des Objectivglases in einem gewöhnlichen Fernrohre vertritt), wird entweder durch einen mit der Spalte parallelen Draht, oder durch eine zweyte feine, mit der ersten parallele Spalte in dem das entgegengesetzte Ende des Rohres schließenden Deckel gebeugt, und im ersten Falle mittelst einer auf den Draht gerichteten Convexlinse, im zweyten Falle unmittelbar mit dem gleich hinter der zweyten Spalte befindlichen Auge angesehen. — Hat der Schirm statt eines Schlitzes eine kleine runde Oeffnung, so erscheinen Farbenringe, die jenen ganz ähnlich sind, welche Newton bey seinem Versuche (§. 252) in dem durchgelassenen Lichte erblickte. Ist der Schlitz nicht gerade, sondern zu einem Ringe gebogen, so zeigen sich ebenfalls Farbenringe. Fällt das Licht durch eine runde Oeffnung im Fensterladen auf einen Schirm mit einer viereckigen Oeffnung, mit gleichen, geraden Seiten und scharfen Ecken, so wird das Licht sowohl von den senkrechten als wagrechten Rändern der Oeffnung gebeugt, und bildet ein farbiges Kreuz. Wenn das Licht durch mehrere sehr feine beugende Oeffnungen von verschiedener Gestalt, z. B. durch viereckige und runde, auf das Objectiv des Fernrohres fällt, so entwickelt sich in diesem durch das wechselseitige Einwirken der nach mehreren Richtungen gebeugten Strahlen eine ungemeine Farbenpracht. — Auf eine besonders merkwürdige Weise werden die Erscheinungen modificirt, wenn Weißlicht nicht durch Eine, sondern durch sehr viele gleich feine, parallele und gleich weit von einander abstehende Spalten gebeugt, und dann mittelst eines Fernrohres betrachtet wird. Ein Gitter aus solchen feinen, parallelen und gleich weit von einander abstehenden Spalten verschaffte sich Fraunhofer, entweder indem er sehr feinen Silber- oder Golddraht in die Gänge einer äußerst feinen Schraube spannte, oder indem er in dünne Goldblättchen, womit eine Spiegeltafel belegt war, feine Linien radirte, oder indem er ähnliche Linien in eine mit einer dünnen Fett- oder Firnißschichte überzogene geschliffene Glasscheibe zog, oder indem er

mittelst einer in einer eigenen Maschine angebrachten Diamantspitze unmittelbar auf die polirte Oberfläche einer Glastafel Linien zeichnete: auf die erste Art brachte er gleiche, parallele, und gleich weit von einander abstehende Spalten zuwege, wovon höchstens 500 auf 1 P. Zoll gingen; nach der zweyten Art brachte er ihrer 877, nach der dritten Art 1754, nach der letzten Methode aber 8176 auf 1 P. Zoll. Stellt man nun ein solches Gitter vor das Objectiv des Fernrohres, womit man eine feine senkrechte Spalte im Fensterladen betrachtet, so, daß die Fäden des Gitters mit der Spalte im Fensterladen parallel laufen: so sieht man die Spalte unverändert wie ohne das Gitter, aber in einiger Entfernung zu beyden Seiten derselben zugleich sehr lebhafte Farbenbilder, die sich wiederhohlen und um so breiter werden, je weiter sie von der Mitte (von der Spalte, die hier gleichsam die Achse der ganzen Farbenerscheinung vorstellet) abstehen, so daß das zweyte zwey Mahl so breit, das dritte drey Mahl so breit, u. s. w. als das erste ist. Fraunhofer nennt diese Farbenbilder, deren Licht vollkommen homogen, und mit den oben (§. 247) beschriebenen fixen Linien und Streifen versehen ist, vollkommene Spectra der zweyten Classe. Ist das Gitter nicht hinlänglich fein, so ist das Licht dieser Farbenbilder auch nicht vollständig homogen, und er nennt sie unvollkommene Spectra der zweyten Classe. Ein Glasgitter, auf dessen Oberfläche statt gerader paralleler Linien, concentrische Kreise radirt waren, und auf welches das Licht durch eine runde Oeffnung im Fensterladen fiel, zeigte im Fernrohre ringförmige, concentrische Spectra mit den fixen Linien. Auch durch Reflexion kann man diese Farbenbilder hervorbringen, wenn man den durch die Spalte im Fensterladen dringenden Lichtkeil auf die nach oben angegebene Art radirte Fläche einer Glasplatte fallen läßt, welche auf der entgegengesetzten Fläche mit schwarzem Firnisse überzogen ist, daher an dieser weder Licht durchläßt noch reflectirt, und wenn man das von der vorderen, radirten Fläche reflectirte Licht mit dem Objectiv eines Fernrohres auffängt. Dieser Versuch dient zur Erklärung der schon oben (§. 252*) angeführten Farbenerscheinungen, vorzüglich der Perlmutter, deren farbenspielende Eigenschaft man dem Wachse durch Abdrücken mittheilen kann, wie auch zur Erklärung der Barton'schen Erfindung, polirten Metallflächen das Irisfarbenspiel mitzutheilen, indem er sie mit Stahlplatten preßt, auf denen mittelst einer Diamantspitze zwischen den Gränzen eines Zolles wenigstens 2000 parallele und gleich weite Furchen gezogen sind. (Young in Gilb. A. 39, 156. Fraunhofer in Gilb. A. 74, 337. Fresnel in Gilb. A. 79, 89. Barton in Gilb. A. 74, 379.)

Polarisation des Lichtes.

254. Licht, welches durch Zurückwerfung, Brechung oder Beugung unter gewissen Umständen eigene Veränderungen in seiner Zurückwerfbarkeit, Brechbarkeit und Interferirbarkeit erlitten hat, nennet man polarisirt, die neue Modification die Polarisation, und das Verfahren, wodurch es die neue Modification erhält, die Polarisirung desselben.

Die Lichtpolarisation wurde von dem französischen Ingenieur Malus im Jahre 1811 entdeckt, und von ihm so benannt, weil ihm die Wirkungsart der Kräfte, wodurch das Licht polarisirt wird, mit jener eines Magnets übereinzukommen schien, der die gleichnahmigen Pole einer ganzen Reihe magnetischer Nadeln alle nach der nähmlichen Richtung drehet.

255. Am gewöhnlichsten werden Lichtstrahlen durch Zurückwerfung oder Brechung, und von durchsichtigen Körpern häufig zu gleicher Zeit auf beyde Arten polarisirt. Nur solche zurückwerfende und brechende Substanzen sind im Stande das Licht ganz, d.h. alle Theile des auffallenden Lichtstrahles, zu polarisiren, welche, wie z.B. Glas, Bergkrystall, Steinsalz, Bernstein u.dgl., kein zu großes Brechungsvermögen besitzen; Substanzen mit einem sehr großen Brechungsvermögen, wie z.B. der Diamant, alle Metalle und dergl. m., polarisiren es immer nur unvollkommen, d.h. nur einen Theil des auffallenden Lichtes: deßwegen darf man sich zu Polarisirungsversuchen keiner Metall-, oder mit Amalgame belegter Glasspiegel bedienen. Selbst die zu diesem Geschäfte tauglichsten Substanzen polarisiren das Licht nicht unter allen Umständen, sondern dieses muß dazu unter einem bestimmten Winkel einfallen, den man den Winkel der vollkommenen Polarisation, oder auch kurz den Polarisationswinkel nennt, und der von dem Brechungsvermögen der polarisirenden Substanz sowohl, als auch von jenem des Mittels, aus welchem das Licht auf die erstere kömmt, abhängt; denn der Polarisationswinkel ist immer ein solcher, daß, wenn ein Theil des unter diesem Winkel einfallenden Lichtes gebrochen, ein anderer zurückgeworfen wird, der zurückgeworfene Strahl mit dem gebrochenen einen rechten Winkel machet: so muß z.B. ein aus der atm. Luft kommender Strahl mit einer Glasplatte, auf die er fällt, einen Winkel von 35° 25′ machen (also einen Einfallswin-

kel von 54° 35′ haben), um vollkommen polarisirt zu werden; fällt er unter einem andern Winkel ein, so wird er nur zum Theil polarisirt; senkrecht einfallende Strahlen werden gar nicht polarisirt. Auch von stark brechenden Substanzen wird das Licht, zwar niemahls ganz, doch unter einem bestimmten Einfallswinkel mehr als unter jedem andern polarisirt. Um einen Lichtstrahl rd durch Reflexion zu polarisiren, lasse man ihn so auf ein unbelegtes Spiegelglas ab (Fig. 97) fallen, daß er damit einen Winkel von 35° 25′ machet: er wird größten Theils zurückgeworfen werden, und zwar nach dem allgemeinen Reflexions-Gesetz, daß der zurückgeworfene Strahl de mit dem Spiegelglase auch einen Winkel von 35° 25′ mache. Fängt man den zurückgeworfenen Strahl de mit einer zweyten der ersten ähnlichen Spiegelplatte gh, die man parallel mit der ersten stellet, auf, so muß der Strahl de auf die zweyte Spiegelplatte gh gleichfalls unter einem Winkel von 35° 25′ einfallen und reflectirt werden, und die Reflexions-Ebenen der von beyden Spiegeln zurückgeworfenen Lichtstrahlen werden in dem Falle (Fig. 97 a) zusammenfallen, d. h. die Linien rd, de und ef können Theile einer und derselben Ebene seyn. Drehet man aber die zweyte Spiegelplatte gh, ohne ihre Neigung gegen den einfallenden Strahl de zu verändern, so lange, bis ihre Reflexions-Ebene mit jener der ersten Spiegelplatte ab einen rechten Winkel macht (Fig. 97 b u. d), so wird nach allmähliger Abnahme endlich gar kein Licht mehr reflectirt. Erreichen beym weiteren Drehen die Spiegel die in Fig. 97 c dargestellte Lage gegen einander, so wird wieder alles Licht reflectirt, weil die Reflexions-Ebenen des einfallenden und zurückgeworfenen Strahles wieder zusammenfallen. Der Lichtstrahl rd hat folglich durch die Reflexion auf der ersten Spiegelplatte ab die Eigenschaft erlangt, daß er von einer andern Spiegelplatte, die er gleichfalls unter einem Winkel von 35° 25′ trifft, nur dann reflectirt wird, wenn der hier reflectirte Strahl mit dem auf die erste Spiegelplatte einfallenden in Einer Ebene liegt, daß er aber, statt reflectirt zu werden, ganz durchgelassen (oder bey undurchsichtigen Spiegeln absorbirt) wird, wenn die zwey genannten Ebenen einen rechten Winkel machen, und daß in den Zwischenlagen um so mehr davon reflectirt oder durchgelassen wird, je mehr sich die beyden Ebenen der parallelen oder rechtwinklichen Lage nähern. In parallelen Ebenen einfallende und insgesammt entweder durch Brechung oder durch Zu-

rückwerfung polarisirte Strahlen heißen nach einerley Richtung polarisirt; nach entgegengesetzten Richtungen oder unter einem rechten Winkel polarisirt dagegen, wenn ihre Einfalls-Ebenen auf einander senkrecht stehen. Am bequemsten lassen sich diese Versuche mit der Polarisationsvorrichtung anstellen.

Der Polarisationswinkel für Schwerspath ist $=32^0$, für Diamant $= 20^0$. Kömmt das Licht aus Terpenthinöhle, dessen Brechungsvermögen jenem des Glases beynahe gleich stehet, auf Glas, so ist der Polarisationswinkel für das letztere $= 45^0$. Die von Biot angegebene Polarisationsvorrichtung bestehet aus einem messingenen 3 bis 4 Zoll weiten Rohre ab (Fig. 98), an dessen beyden Enden sich mit Reibung die zwey Ringe c und d um die Achse drehen lassen. Dort wo sich die Ringe drehen, befindet sich an der Röhre ein in 360 Grade eingetheilter Kreis, dessen Nullpunct an beyden Enden in derselben mit der Achse parallelen Linie liegt. An entgegengesetzten Puncten dieser Ringe sind die Messingstäbe ef angelöthet, zwischen denen sich ein Rahmen g und h um die Achse lm drehen läßt. In den einen Rahmen, z. B. g, paßt ein geschwärzter Planspiegel, in den andern h lassen sich ebenfalls ein oder mehrere geschwärzte oder ungeschwärzte, d. h. undurchsichtige oder durchsichtige Spiegelplatten legen. Wird der Rahmen g so gedrehet, daß er mit der Achse des Rohres einen Winkel von $35^0\ 25'$ machet, und dann eine Kerzenflamme so gestellt, daß einer, der von ihr auf den Spiegel g gesendeten Strahlen durch das Rohr ab parallel mit seiner Achse reflectirt wird; so kann dieser von dem Spiegelglase h ebenfalls unter einem Winkel von $35^0\ 25'$ aufgefangen werden, und indem man nun den Ring c oder d um die Achse drehet, kann man alle oben beschriebenen Polarisationserscheinungen hervorbringen. — Die reflectirenden Spiegelgläser müssen für verschiedene Arten von Lichtstrahlen auch eine verschiedene Dicke haben: so erfordert z. B. das Licht der untergehenden Sonne viel dickere, oder eine größere Anzahl übereinander liegender Spiegelplatten, als die Strahlen der Mittagssonne erfordern. Zu grelles Licht ist für diese Versuche nicht günstig; am besten eignet sich dazu das von weißen Wolken reflectirte. Seebeck's Polarisationsvorrichtung; in Baumgartner's Zeitschrift 2, 492. — Das von den Wolken, oder von der Atm. reflectirte Licht ist meistens polarisirt; so wie das beym Verbrennen starrer und tropfbarer Körper entwickelte; nur das Licht verbrennender Gase zeigt keine Spur von Polarisation.

256. Durch Brechung werden Lichtstrahlen auf folgende Arten polarisirt. Wenn Lichtstrahlen auf eine Spiegelplatte unter ei-

nem andern Winkel als von 35° 25′ fallen, so wird nur ein Theil reflectirt, ein anderer durchgelassen; der letztere befindet sich mit dem ersteren unter einem rechten Winkel polarisirt. Dasselbe ist auch mit jenem durch Reflexion auf der ersten Spiegelplatte polarisirten Lichtstrahl der Fall, der zwar unter demselben Winkel einen andern Spiegel trifft, allein in einer Einfallsebene, die auf der ursprünglichen Einfallsebene senkrecht stehet, der daher von der zweyten Spiegelplatte ganz durchgelassen wird: der einfallende und der durchgelassene Strahl sind unter einem rechten Winkel polarisirt. Am vollkommensten geschieht aber die Polarisation der Lichtstrahlen bey der doppelten Strahlenbrechung (§. 242): der nach den gewöhnlichen Gesetzen gebrochene Strahl ist in einer mit dem Hauptschnitte parallelen Ebene, der ungewöhnlich gebrochene Strahl aber in einer auf den Hauptschnitt senkrechten Ebene, beyde sind also nach entgegengesetzter Richtung polarisirt. Denn ein durch Reflexion polarisirter Strahl, der auf einen Doppelspath fällt, dessen Hauptschnitt mit der Reflexions-Ebene des Strahles parallel läuft, wird nicht in zwey Strahlen getheilt, sondern ganz auf die gewöhnliche Art gebrochen; eben so wird er nicht getheilt, wenn der Hauptschnitt des Doppelspathes auf der Reflexions-Ebene des Strahles senkrecht stehet, aber in diesem Falle wird er ganz auf die ungewöhnliche Weise gebrochen; in jeder andern Lage des Hauptschnittes gegen die Reflexions-Ebene wird der Strahl theils auf die gewöhnliche, theils auf die ungewöhnliche Weise gebrochen, daher gespaltet. Daraus wird man sich auch die Erscheinung erklären können, daß ein Gegenstand, der durch zwey Krystalle von Doppelspath angesehen wird, also ein Lichtstrahl, der durch beyde Krystalle geht, nur bey gewissen Lagen der letzteren gegen einander vervierfacht wird. Wird ein Doppelspath auf den andern so gelegt, daß die Hauptschnitte beyder parallel laufen, so wird das im ersten Krystalle auf die gewöhnliche Weise gebrochene Strahlenbündel, auch im zweyten Krystalle ganz auf die gewöhnliche Weise gebrochen, und dem im ersten Krystalle auf die ungewöhnliche Weise gebrochenen Strahle widerfährt nichts Anderes im zweyten Krystalle. Machen die Hauptschnitte der beyden Krystalle einen rechten Winkel, so erleidet der ganze im ersten Krystalle auf die gewöhnliche Art gebrochene Strahl im zweyten die ungewöhnliche, und der ganze andere die gewöhnliche Brechung. In beyden Fällen wird also keiner der Strahlen weiter ge-

theilt, und der Gegenstand erscheint durch zwey Krystalle angesehen eben so nur doppelt, als ob er durch Einen Krystall angesehen würde. Bey jeder andern Lage der zwey Krystalle gegen einander, erleidet jedes der aus dem ersten Krystalle kommenden Strahlenbündel im zweyten Krystalle wieder eine doppelte Brechung, wodurch eine Vervierfachung der dadurch gesehenen Gegenstände entstehen muß.

Darauf gründet sich ein Mittel, Körper auf die doppelte Strahlenbrechung zu untersuchen, bey denen, wie z. B. beym Gypse u. a. m. die Bilder nicht so weit auseinander fallen, daß ihre Verdoppelung leicht bemerkt werden könnte. Man stelle den Spiegel h in der Polarisationsvorrichtung so, daß der von g kommende polarisirte Lichtstrahl nicht reflectirt, daher auch nicht gesehen wird, und bringe nun ein Gypsplättchen so zwischen g und h, daß der polarisirte Lichtstrahl seinen Weg durch dasselbe nehmen muß: findet sich beym wiederhohlten Wenden des Gypsplättchens eine Lage desselben, bey welcher der Lichtstrahl in h deutlich reflectirt, also gesehen wird, so muß er von dem Gypsplättchen in entgegengesetzter Richtung polarisirt worden seyn, welches nur dann möglich ist, wenn der Gyps das Vermögen der doppelten Strahlenbrechung besitzet. Auf die entgegengesetzte Art kann man sich von der Polarisation eines Lichtstrahles überzeugen: man läßt ihn auf Doppelspath fallen, und sucht durch Drehen des letzteren eine Lage auszumitteln, bey welcher der Lichtstrahl nicht gespaltet wird; nur bey einem polarisirten Lichtstrahle wird dieses gelingen. Ein noch einfacheres Mittel zur Auffindung des doppelten Strahlenbrechungsvermögens biethen zwey dünne Turmalinplättchen dar, die beyde von einem größeren Krystalle parallel mit seiner Achse abgeschnitten, aber so übereinander gelegt sind, daß sich ihre Achsen kreuzen: weil beyde das Licht nach der Richtung der Achse polarisiren, so müssen sie in der genannten Lage undurchsichtig erscheinen (denn das von einem Plättchen durchgelassene Licht wird von dem zweyten reflectirt), aber sogleich mehr oder weniger durchsichtig werden, wenn man einen Körper mit doppelter Strahlenbrechung zwischen sie bringt, weil nun das durch das erste Plättchen gedrungene Licht von dem Zwischenkörper zum Theil in entgegengesetzter Richtung polarisirt und dadurch fähig wird, auch das zweyte Turmalinplättchen zu durchdringen. — Um die zwey Strahlen bequemer auf ihre polarische Natur untersuchen zu können, muß man sie weiter auseinander fallen machen: dieses erreicht man dadurch, daß man aus der mit der doppelten Strahlenbrechung begabten Substanz ein dreyseitiges Prisma schleift, dieses durch ein anderes Prisma aus Crown- oder Flintglas achromatisirt, und dann einen Lichtstrahl darauf fallen läßt.

257. Nebst den angeführten Veränderungen in der Brechbarkeit und Zurückwerfbarkeit, erleiden die Lichtstrahlen durch die Polarisi-

rung auch noch eine Modification in ihrer Interferirbarkeit; denn nach entgegengesetzter Richtung polarisirten Strahlen interferiren sich nicht, und Fresnel hat gefunden, daß der Erfolg ganz entgegengesetzt ist, je nachdem die Interferenz zwischen Strahlen Statt findet, die alle nach Einer Richtung oder die nach entgegengesetzten Richtungen polarisirt sind; indem unter denselben Umständen, also bey derselben Differenz der Wege, unter denen die ersteren sich wechselseitig verstärken, die letzteren sich aufheben, und so umgekehrt.

Aus der letzten Eigenschaft des Lichtes erklären sich mehrere Farbenerscheinungen, die mittelst polarisirten Lichtes entstehen, wenn dieses durch dünne Plättchen solcher Substanzen geleitet wird, welche das Vermögen der doppelten Strahlenbrechung besitzen. Wird der von dem Spiegel g der Polarisirungsvorrichtung polarisirt zurückgeworfene Lichtstrahl durch ein feines, gleich dickes Glimmer- oder Gypsplättchen geleitet, so sieht man es in dem Spiegel h, der mit dem ersten parallel gestellt ist, meistens mit einer sehr schönen Farbe, deren Art von der Dicke des Plättchens abhängt: die dünnsten Plättchen geben blau, die dickeren roth, bey dem Ueberschreiten einer gewissen Dicke aber bloß weiß: die Dicken der Glimmer- oder Gypsplättchen, welche bestimmte Farben geben, verhalten sich zu einander genau so wie die Dicken der Luftschichten in Newton's oben (§. 252*) angeführtem Versuche, welche den Ringen von derselben Farbe entsprechen. Wird das Plättchen ohne die Neigung seiner Ebene zu ändern, um den Lichtstrahl, wie um eine Achse gedreht, so ändert sich die Art der Farbe nicht im Geringsten, wohl aber ihre Stärke, indem sie während einer ganzen Umdrehung vier Mahl verschwindet, und vier Mahl die größte Lebhaftigkeit erreicht. Dreht man statt des Plättchens den Spiegel h um die Achse, so wechseln bey jeder Drehung um 90° die complementären Farben. Ist der Spiegel h durchsichtig, so sieht man das Glimmerplättchen im durchgelassenen Lichte mit den complementären Farben von jenen, mit denen es sich im zurückgeworfenen Lichte zeigt. Läßt man den Lichtstrahl, nachdem er durch das Glimmer- oder Gypsplättchen gegangen ist, auf ein achromatisirtes Prisma von Doppelspath fallen, und sieht man das Glimmerplättchen durch dieses an, so erscheint es doppelt; jedes Bild in einer andern Farbe, welche wechselseitig complementär sind. Ein von einem Bergkrystalle senkrecht auf dessen Achse abgeschnittenes gleich dickes Plättchen gewährt im polarisirten Lichte durch ein Prisma von Doppelspath angesehen dieselben Farbenerscheinungen: nur ändert sich bey diesen auch die Intensität der Farbe nicht, wenn es um seine Achse gedreht wird. Auch dünne Schichten tropfbarer Flüssigkeiten, z. B. Terpenthin- oder Anießöhls, verhalten sich auf gleiche Art; nur liegt der Unterschied in der zur Hervorbringung einer bestimmten Farbe erfor-

derlichen Dicke, die z. B. beym Terpenthinöhle 60 Mahl so groß als beym Bergkrystalle seyn muß. Wird durch ein gleich dickes Plättchen Doppelspath, welches senkrecht auf dessen Achse abgeschnitten ist, ein polarisirter Strahlenkegel unter dem Polarisationswinkel auf eine Glasplatte geleitet, so sieht man durch die von der letzten reflectirten oder durchgelassenen Strahlen auf dem Doppelspathplättchen die Newtonschen Farbenringe, nur mit dem Unterschiede, daß sie, nach Verschiedenheit der wechselseitigen Stellung der Gläser entweder durch ein weißes oder schwarzes Kreuz in vier Felder getheilt sind (Fig. 99). Auf ähnliche Art verhalten sich Plättchen von allen Krystallen mit Einer Achse der doppelten Strahlenbrechung; Plättchen von Krystallen mit zwey Achsen der doppelten Strahlenbrechung haben, wenn die Achsen einen beträchtlichen Winkel machen, statt des Kreuzes nur einen einfachen Streif (Fig. 100); wenn die Achsen aber beynahe parallel sind, zum Theil zwey Systeme von Ringen zu beyden Seiten des Kreuzes (Fig. 101). Eine dicke Spiegelplatte, die kalt mit der einen Kante auf heißes Eisen, oder heiß auf kaltes Eisen gestellt wird, zeigt im polarisirten Lichte sogleich die Fig. 102 dargestellten farbigen Streifen, verliert sie aber nach dem gleichförmigen Erwärmen oder Abkühlen durch ihre ganze Ausdehnung, wieder. Etwas Aehnliches bemerkt man am Glase, welches nur nach Einer Richtung zusammengepreßt wird. Eine dickere Glasmasse, welche im polarisirten Lichte ungefärbt erscheint, zeigt dauernd verschiedene Farben, wenn sie nach starkem Erhitzen schnell abgekühlt worden ist, derer Anordnung von der Form, von der Schnelligkeit der Abkühlung und von der Lage der Glasmasse gegen die Polarisations-Ebene abhängt: ein Glaswürfel zeigt bey einer gewissen Lage die in Fig. 103 dargestellten Zeichnungen, die sich aber beym Drehen des Würfels ändern; ein Parallelepiped die in Fig. 104 dargestellten, und ein kurzer Cylinder die in Fig. 99 dargestellten. Sehr schnell gebildete Krystalle von andern Körpern, z. B. von Salzen, selbst schnell erstarrte organische Substanzen, z. B. Gummi, Gallerte, zeigen etwas Aehnliches. Fresnel erkläret diese Farbenphänomene in dünnen Krystallplättchen durch polarisirtes Licht für den Erfolg der Interferenz paralleler Lichtwellensysteme (Gilb. A. 79, 327).

258. Bey dem oben §. 253* beschriebenen Beugungsversuche, worin das Licht von einer mit feinen einradirten Linien versehenen Glastafel, derer entgegengesetzte Fläche mit schwarzem Firnisse überzogen war, auf das Objectiv des Fernrohres reflectirt wurde, bemerkte Fraunhofer, daß bey der Reflexion unter einem gewissen Winkel ein Theil des Farbenbildes aus vollständig polarisirten Strahlen bestand, daß aber zur Bewirkung dieser Polarisirung nicht nur für die von der Achse verschieden entfernten Farben-

bilder, sondern auch für die verschiedenen Farben desselben Spectrums, ja selbst nach der verschiedenen Feinheit des gebrauchten Glasgitters, ein ungleicher Einfallswinkel erfordert wird. Welchen Antheil die hier mit der Reflexion verbundene Beugung an dieser Polarisation habe, bleibt noch dahingestellt (Gilb. A. 74, 364).

Die Erscheinungen der Lichtpolarisation sind so mannigfaltig, daß selbst nur ihre Erwähnung die diesem Werke gesteckten Gränzen weit überschreiten würde; der durch das Angeführte aufmerksam gemachte Leser findet die vollständigste Abhandlung davon in Biot's *traité de phys.*, der ihr beynahe den ganzen 4. Band gewidmet hat, dann auch in der deutschen Uebersetzung von Biot's Anfangsgründen der Erfahrungs-Naturlehre (von Wolff) 2, 555, 688.) — J. F. Mayer comment. de polaritate luminis in com. soc. reg. Goetting. 2. — Brewster über den Zusammenhang zwischen der optischen Structur und chemischen Zusammensetzung der Mineralien, in Gilb. A. 69, 1 und 157.

Vom Sehen.

259. Zum vollkommenen Sehen wird ein gehörig organisirtes, gesundes Auge, und ein sichtbarer Gegenstand erfordert. Damit ein Gegenstand sichtbar sey, darf er nicht zu klein und nicht zu entfernt, er muß ferner durch vorhandenes Licht erleuchtet seyn, und es muß Licht von ihm ins Auge kommen.

260. Das Auge oder der Augapfel (bulbus oculi) ist ein von mehreren Häuten gebildetes, mit verschiedenen durchsichtigen Substanzen gefülltes kugelförmiges Organ, dessen Längendurchmesser sich beym Menschen zum Querdurchmesser wie 100 : 95 verhält, und welches von 90 bis 110 W. Gran wiegt. Von Außen wird der Augapfel von einer dicken festen Haut eingeschlossen, die am hintern, bey weitem größeren Theile aaaa (Fig. 106) weiß und undurchsichtig, am vordern Theile tttt aber mehr gewölbt, hart, elastisch und durchsichtig ist, und deßwegen auch dort die undurchsichtige (sclerotica), hier die durchsichtige Hornhaut (cornea transparens) heißt. Unter der Hornhaut breitet sich die Aderhaut (Gefäßhaut, braune Haut) aus, die sich an den undurchsichtigen Theil der ersteren genau anschließt, an der Gränze der durchsichtigen Hornhaut aber bey mm, sich von derselben trennt, unter dem Nahmen Iris- oder Regenbogenhaut quer über das Auge spannt, demselben die Farbe (blau, grau, schwarz) gibt,

und nur in der Mitte bey x x eine nach Bedürfniß zu erweiternde Oeffnung läßt, welche Augenstern, Sehe, Pupille (pupilla) genannt wird. Der angewachsene Theil der Aderhaut wird an der inneren Fläche von der Netzhaut (retina) bekleidet, die man für eine Ausbreitung der Mark-Substanz des aus dem Gehirne kommenden Sehnerven n, so wie die Sclerotica und die Aderhaut für Erweiterungen der den Sehnerven in seinem Verlaufe umhüllenden Hirnhäute halten kann. Durch die Iris wird das Auge in eine vordere und hintere Kammer getheilt, die aber durch die Pupille in Verbindung stehen. Die vordere, kleinere Kammer q, zwischen der durchsichtigen Hornhaut und der Iris, ist mit einer klaren, nur schwach salzigen wässerigen Flüssigkeit angefüllt. Der Raum der hinteren Kammer m v m wird größten Theils von einer besonderen, äußerst durchsichtigen, gallertartigen Substanz eingenommen, die wegen der Aehnlichkeit mit einem halbflüssigen Glase, die gläserne Feuchtigkeit heißt. In die letzte Substanz ist vorn, der Pupille gerade gegenüber, die in ihrer eigenen Kapsel befestigte, von hinten etwas mehr als von vorn convexe, vom Centrum gegen den Rand an Dichtigkeit abnehmende, nur in der Jugend ganz durchsichtige und farbenlose, mit dem Altern vom Mittelpuncte gegen den Rand sich gelblich trübende Krystallinse c eingedrückt, die man auch die Krystallfeuchtigkeit heißt. Das Strahlenbrechungsvermögen sämmtlicher Feuchtigkeiten des Auges, so wie der durchsichtigen Hornhaut, ist von jener des Wassers sehr wenig verschieden (§. 241).

Die Convexität der durchsichtigen Hornhaut wird mit zunehmendem Alter gewöhnlich kleiner, und diese fängt am Rande an trübe, weißlich, etwas undurchsichtig zu werden, wodurch der sogenannte Greisenring (arcus s. annulus senilis) gebildet wird. Die Aderhaut und Iris sind von Innen mit einem schwarzen Schleime, dem sogenannten schwarzen Pigmente überzogen, welches als ein wesentlicher Theil zu betrachten ist, weil es die Reflexion des Lichtes von den Seitenwänden des Auges verhindert. Der Augapfel ist übrigens durch mehrere Häute, vorzüglich durch die sogenannte Bindehaut (conjunctiva s. adnata), welche durch Reitze leicht roth wird, in der ihn schüzzenden und zur größeren Sicherheit von Außen mit Augenbraunen, Augenliedern und Augenwimpern versehenen Augenhöhle (orbita) befestigt, und kann mittelst mehrerer Muskel sowohl seine Richtung als auch wahrscheinlich etwas seine Form verändern: zur Erleichterung

dieser Bewegung wird er durch die aus mehreren Drüsen abgesonderten Feuchtigkeiten immer schlüpfrig erhalten. Da die Augenlieder bey allen Menschen etwas, doch bey einigen mehr als bey andern durchscheinend sind, so läßt sich daraus ein gewisser Grad des Sehens selbst bey geschlossenen Augen, wie z. B. bey Nachtwandlern u. dgl. m. erklären. — Eine gerade Linie tcv, die man sich mitten durch die Hornhaut und Krystallinse senkrecht auf die Retina gezogen denkt, stellt die Augenachse vor. (S. J. Sömmering's Abbildung des menschlichen Auges. Frankf. a. M. 1801. Idem de oculorum hominis animaliumque sectione horizontali etc. Götting. 1818. — Müller's anatom. physiolog. Darstellung des menschl. Auges. Wien 1819).

263. Von jedem Gegenstande, welchen wir sehen sollen, muß Licht ins Auge kommen. Das Licht verbreitet sich aber von jedem Puncte des Objects divergirend, macht also Lichtkegel oder Lichtpinsel, derer Spitze der Licht aussendende Punct, derer Basis die durchsichtige Hornhaut des darauf gerichteten Auges ist. Von den einen solchen Lichtkegel ausmachenden Strahlen heißt der mittelste, um den die übrigen divergiren, z. B. cd, ad, ed, (Fig. 107) die Achse. Jene des mit der Augenachse parallel einfallenden Lichtkegels ad, welche auch die Sehachse heißt, wird gar nicht gebrochen, sondern geht in gerader Richtung durch alle Feuchtigkeiten des Auges bis an die Netzhaut in a'; die divergirenden Strahlen dieses Lichtkegels ax und ax werden schon von der wässerigen Feuchtigkeit gegen die Pupille gebrochen; aber in der Krystallinse erleiden sie die stärkste Brechung, die dann in der gläsernen Feuchtigkeit nach einem andern Verhältnisse fortgesetzt wird. Da das Auge ein convex-convexes Glas vorstellet, so geschieht die Brechung zum Perpendikel, also in dem genannten Falle zur Achse des Lichtkegels: die beym Eintritte ins Auge divergirenden Lichtstrahlen werden also durch die Brechung in der Hornhaut und in der wässerigen Feuchtigkeit parallel, durch die Brechung in der Krystallinse aber convergirend, und kommen dadurch wieder eben so in einem Puncte a' zusammen, wie sie von dem Puncte a ausgegangen sind. Die divergirenden Strahlen der übrigen, mit der Augenachse nicht parallel, also unter einem Winkel einfallenden Lichtkegel, z. B. ed und cd werden eben so gegen ihre Achsen gebrochen; allein diese Achsen selbst erleiden beym Durchgange durch die Feuchtigkeiten des Auges eine Brechung gegen die Sehachse: dann müssen sie, der Voraussetzung gemäß,

sowohl die Augenachse, z. B. bey y, durchschneiden, als sich selbst kreuzen, und also der Brennpunct des von oben kommenden Lichtkegels an der Netzhaut unter der Augenachse in e', der Brennpunct des von unten kommenden Lichtkegels hingegen über der Augenachse in e' zu stehen kommen. Dort, wo die divergirenden Strahlen aller Lichtkegel sich wieder in Puncte vereinigen, also in c' a' e', entsteht ein Bild von dem Gegenstande (§. 244*), aber in verkehrter Stellung, d. h. die oberen Puncte des Gegenstandes sind im Bilde unten, die untern oben, die rechten links, die linken rechts. Um deutlich zu sehen kommt es vorzüglich darauf an, daß das Bild gerade auf der Netzhaut (wie in Fig. 107) entstehe, weil diese nur dann einen hinlänglichen Eindruck zur Hervorbringung einer deutlichen Vorstellung erhält; vereinigen sich die Strahlen schon vor der Netzhaut in ihre Brennpuncte, fällt also das Bild in die gläserne Feuchtigkeit (wie in Fig. 108), oder bilden sie im Auge selbst keinen Brennpunct, sondern würden sie ihn erst hinter der Netzhaut bilden (wie in Fig. 109), so ist das Sehen undeutlich.

Die Abweichung wegen der Kugelgestalt wird bey der Brechung der Lichtstrahlen im Auge vermieden theils durch die Pupille, welche die weit von der Achse des Auges einfallenden Strahlen abhält, theils aber durch die von der Mitte gegen den Rand abnehmende Dichtigkeit der Krystallinse. Ueber Achromatismus des Auges s. §§. 269* u. 285*. Man kann sich überzeugen, daß durch die Construction des Auges ein Bild auf der Netzhaut erzeugt wird, wenn man von einem aus der Augenhöhle genommenen Auge eines frischgeschlachteten größeren Thieres, z. B. eines Ochsen, hinten die undurchsichtigen Häute bis an die Aderhaut wegschneidet und schabet, darauf die Hornhaut gegen einen starkerleuchteten einzelnen Gegenstand richtet, den man dann deutlich in verkehrter Stellung auf der Netzhaut, wie auf transparentem Papiere abgebildet sehen wird.

264. Die Entfernung des Brennpunctes hängt bey convexen Gläsern nicht nur von dem Grade ihrer Convexität, sondern auch von dem Grade der Strahlen-Divergenz vor der Brechung und von der Brechungsfähigkeit des Mittels ab, aus welchem das Licht kommt: parallele oder fast parallel einfallende Strahlen bilden einen nähern Brennpunct als stark divergirende; aus stark verdünnter Luft kommende Strahlen werden stärker, aus Wasser kommende viel schwächer gebrochen, als jene, die aus der unter dem gewöhnlichen Drucke stehenden Atm. auf das brechende Glas oder Auge fallen (§. 244).

Die Strahlen von den einzelnen Puncten naher Gegenstände treffen das Auge sehr divergirend, von den einzelnen Puncten sehr entfernter Gegenstände aber fast parallel; denn die Grundfläche des Strahlenkegels, die durchsichtige Hornhaut, bleibt bey der größten Verschiedenheit in der Länge desselben stets die nähmliche; es muß also einen gewissen Abstand geben, in welchem die Strahlen genau mit einem solchen Grade von Divergenz auf das Auge fallen, daß sie das Bild gerade auf der Netzhaut abmahlen: diesen Abstand hat man nach der Erfahrung bey gewöhnlichen Augen auf 8 bis 12 Zoll festgesetzt, und ihn den **Abstand des deutlichen Sehens** geheißen. Da wir aber denselben Gegenstand auch in größeren und kleineren Entfernungen deutlich sehen können; so muß das Auge Veränderungen fähig seyn, durch die es entweder die Brechung modificiren oder die Netzhaut, selbst bey verschiedenen Brennweiten, doch in den Brennpunct bringen kann. Menschen, welche die Fähigkeit verloren haben, diese Veränderungen, von denen man noch nicht bestimmt sagen kann, worin sie bestehen, im Auge hervorzubringen, heißen entweder **Weitsichtige** (presbyopes), oder **Kurzsichtige** (myopes), je nachdem ihnen die Gabe fehlt, das Auge für nahe oder für entfernte Gegenstände einzurichten. Daraus begreift man auch, warum Jenen durch convexe, die Strahlen convergirend machende, und Diesen durch hohle, d. h. die Strahlen zerstreuende Gläser geholfen wird. Doch auch für das beste Auge gibt es eine gewisse Nähe und Ferne, über welche hinaus es deutlich zu sehen aufhört. — Aus dem oben angeführten Grunde muß die Kurzsichtigkeit in der verdünnten Luft auf hohen Bergen (überhaupt bey niederem Barometerstande) etwas vermehrt, die Weitsichtigkeit etwas vermindert werden. Unter Wasser ist gar kein deutliches Sehen möglich, weil die aus dem Wasser in das Auge tretenden Strahlen so wenig gebrochen werden, daß sie unmöglich auf der Netzhaut in ein Bild vereinigt werden können; doch sehen sehr Kurzsichtige unter Wasser weniger undeutlich als Weitsichtige. Aus derselben Ursache sehen mit Thränen gefüllte Augen nicht deutlich.

Fig. 110 stellt ein kurzsichtiges Auge vor, wie ihm durch ein concaves Glas geholfen wird; Fig. 111 einen Presbyops mit einem convexen Glase: die punctirten Linien zeigen den Weg an, welchen die Lichtstrahlen ohne Gläser genommen hätten. Zur Auffindung der Brennweite, die ein convexes oder concaves Glas haben muß, um einem ge-

wissen Grade von Kurzsichtigkeit oder Weitsichtigkeit ganz abzuhelfen, darf man nur den gewöhnlichen Abstand des deutlichen Sehens (10 Zoll) mit dem Abstande, in welchem das abnorme Auge deutlich sieht, multipliciren, und das Product durch die Differenz dieser beyden Abstände dividiren. Es ist aber räthlich, im Anfange lieber Gläser mit längeren, als mit kürzeren Brennweiten zu wählen. Schwachen Augen ist durch Brillen nicht zu helfen: es gibt also keine Conservations-Gläser. Der Gebrauch eines einzelnen Glases für Ein Auge ist aus leicht einzusehenden Ursachen auch nachtheilig. Uebrigens soll die Krümmung des converen sowohl als des concaven Glases an allen Stellen genau demselben Halbmesser entsprechen, die Gläser für beyde Augen sollen ganz gleich, aus reinem, wellenlosen, am besten auch farbenlosen Glase geschliffen, in der dem Abstande beyder Augen angemessenen Entfernung so gefaßt seyn, daß sie den Augen möglichst genähert werden können. Der Gebrauch selbst guter Brillen, so wie anhaltendes Sehen durch optische Instrumente überhaupt, ist wegen der durch die Ungewohnheit nothwendigen Anstrengung unangenehm und ermüdend. Wollaston's periskopische Brillen spiegeln zu viel. Für sehr reitzbare Augen empfiehlt man gefärbte Brillen: am besten eignen sich hierzu schwach blaue, weil grüne der freundlichsten Beleuchtung einen düsteren, unangenehmen Stich geben. Damit aber die Gläser an den dickeren Stellen nicht intensiver als an den dünnern gefärbt erscheinen, werden die richtig geschliffenen weißen Gläser mit einem dünnen blauen von derselben Form gleichsam plattirt. (Adam's Anweisung zur Erhaltung des Gesichts, übersetzt von Kries. Gotha 1794. — Weller's Diätetik für gesunde und kranke Augen. Berlin 1821. — S. Th. v. Sömmering, über einige wichtige Pflichten gegen die Augen. 5. Aufl. Frankf. 1819).

265. Daß wir, ungeachtet der verkehrten Abbildung des Gegenstandes auf der Netzhaut, denselben nicht verkehrt sehen, kommt daher, weil wir nicht das Bild, sondern den vom Lichte verursachten Eindruck empfinden; denn wir sind gewohnt, einen Gegenstand dorthin zu versetzen, woher der Eindruck kommt (wie dieß bey der Lehre vom Sehen mittelst Spiegel sich noch deutlicher zeigen wird); wir versetzen also den Punct c' (Fig. 107) an seinem Orte in c, weil der Eindruck in der Richtung cc' geschieht, und aus eben derselben Ursache suchen wir den Eindruck machenden Punct e' in e.

Die Seele betrachtet den Gegenstand und nicht das Bild desselben im Auge, d. h. die Vorstellung entsteht durch die vom Gegenstande kommenden Eindrücke, und nicht durch die Eindrücke des Bildes im Auge; sonst bedürfte man im Auge selbst noch eines andern Auges, um

dieses Bild zu betrachten. Wenn wir auch das auf der Netzhaut entworfene Bild des Gegenstandes empfänden, so würden wir ihn doch nicht verkehrt sehen, indem wir über aufrecht und verkehrt nur in Bezug auf unsern Körper urtheilen: wir nennen jenen Gegenstand aufrecht, dessen oberer Theil sich dort befindet, wohin wir in aufrechter Stellung unsern Kopf versetzen; da wir nun wegen der verkehrten Abbildung aller Gegenstände auf der Netzhaut unsern eigenen Körper auch verkehrt sehen, so erscheint uns der obere Theil des Gegenstandes doch immer dort, wo wir den oberen Theil unsers Körpers sehen. Wir wissen, daß wir die Augen erheben müssen, um den Kopf eines Reiters zu sehen, und daß wir sie senken müssen, um die Hufe des Pferdes zu erblicken; daher suchen wir den Kopf des Reiters oben, und den Huf des Pferdes unten.

266. Wir sehen mit zwey Augen den Gegenstand nur einfach, wenn die Augenachsen so gerichtet sind, daß sie verlängert in dem betrachteten Gegenstande sich schneiden würden (wie z. B. in Fig. 112, wenn der Gegenstand sich in C befindet), und der Eindruck also in beyden Augen auf correspondirende Stellen a und a' der Netzhaut geschieht; sonst sehen wir den Gegenstand doppelt, wie dieses beym Schielen der Fall ist, wenn sich dabey aus Gewohnheit das eine Auge nicht ganz unthätig verhält. Der Punct C, wo die Augenachsen sich schneiden, oder vielmehr die durch diesen Punct senkrechte Ebene ACB, heißt der Horopter. Aus dieser Richtung der Augenachsen erkennen wir, ob jemand Anderer uns ansieht, welches bey Schielenden oft sehr schwierig ist. Daher müssen wir Ein Auge schließen, wenn wir zwey Gegenstände in sehr verschiedenen Entfernungen zu gleicher Zeit deutlich sehen wollen, wie dieses z. B. beym Zielen der Fall ist, wo wir zu gleicher Zeit das Korn am Ende des Flintenlaufs und das oft sehr weit entfernte Ziel zugleich im Auge haben müssen; beym Visiren u. dgl. m.

Vom Schielen gibt es sehr viele Ursachen: das Gewohnheitsschielen entsteht meistens dadurch, daß man den Gegenstand nur mit Einem Auge betrachtet, das andere, welches sich dabey ganz unthätig verhält, nicht einmahl nach dem Gegenstande richtet, sondern es ganz frey herumschweifen läßt; diesem Uebel wird abgeholfen, wenn man das gesunde Auge verbindet, dadurch das andere zwingt, sich nach dem zu betrachtenden Gegenstande zu wenden, und es dadurch wieder gewöhnt, sich beym Sehen thätig zu verhalten. Das Urtheil, ob eine Person oder ein Bildniß uns ansieht, ist übrigens auf mehrere Umstände gegründet (Wollaston über die scheinb. Richtung der Augen in einem Bildnisse; in Gilb. A. 82, 61).

267. Der Winkel c d e (Fig. 107), den die Achsen der äußersten Strahlenkegel bey ihrer Kreuzung im Auge machen, und dem der Winkel c' y e', mithin die Größe des Bildes auf der Netzhaut, entspricht, heißt der Sehwinkel. Von ihm wird die scheinbare Größe des Gegenstandes bestimmt. Da aber die Größe dieses Winkels nicht nur von der Größe des Gegenstandes, sondern auch von dessen Entfernung abhängt, und da dieser Winkel desto kleiner werden muß, je mehr sich derselbe Gegenstand vom Auge entfernt, wie es Fig. 113 zeigt; so würde man sich in Beurtheilung der wahren Größe eines Gegenstandes sehr irren, wenn man bloß auf die Größe des Sehwinkels oder des Bildes, und nicht auch zugleich auf die Entfernung Rücksicht nähme. Wenn wir also über die Größe eines Gegenstandes nach dem Gesichte oder Augenmaße urtheilen, so vergleichen wir den Sehwinkel mit der Entfernung des Gegenstandes. Wo wir die Entfernung nicht kennen, und nicht im Stande oder auch nicht gewohnt sind, sie zu schätzen, irren wir in Beurtheilung der Größen meistens.

Deßwegen scheint uns die Sonne nicht größer als der Mond; deßwegen scheint eine Allee immer enger zu werden; deßwegen scheint sich in einem langen Gange der Fußboden zu heben, die Decke zu senken. Aus derselben Ursache halten wir die auf hohe Thürme gestellten Gegenstände für kleiner als sie wirklich sind. Daraus kann man sich auch erklären, warum uns die Sonne und der Mond beym Auf- und Untergange größer vorkommen, als wenn diese Gestirne hoch über dem Horizonte stehen. Man wird aus diesen Gründen den am Staar operirten Blindgebornen entschuldigen, der sich lange nicht überzeugen konnte, daß das gegenüberstehende Haus größer als sein kleines Kammerfenster sey. Auf ähnliche Weise wird man sich eine Menge derley optischer Täuschungen erklären können, wenn man bedenkt, daß Größen nicht gesehen, sondern nur geschlossen werden.

268. Der Sehwinkel muß eine gewisse Größe haben, damit ein Gegenstand mittelst des Auges noch wahrgenommen werde. Es gehöret schon ein gutes Auge dazu, einen bloß erleuchteten Gegenstand unter einem Winkel von weniger als einer halben Minute zu erkennen; daher darf der Durchmesser des Gegenstandes, den wir selbst in der Entfernung des deutlichsten Sehens (also 8 bis 12 Zoll vom Auge) wahrnehmen wollen, nicht weniger als $\frac{1}{1000}$ Zoll betragen; da hingegegen selbstleuchtende Körper, z. B. Fixsterne, unter Winkeln, die kleiner als eine Secunde sind, zwar ohne deutliches Bild,

jedoch als Lichtreitz wahrgenommen werden. Ueber gewisse Entfernungen hinaus sind wir also (in physischer wie in moralischer Beziehung) alle kurzsichtig. Individuelle Beschaffenheit des Auges, oder die durch Uebung erlangte Gesichtsschärfe, der Grad der Beleuchtung u. dgl. m. nehmen sehr viel Theil an der Bestimmung des zum deutlichen Sehen nothwendigen Winkels.

Das gesunde menschliche Auge kann beyläufig noch den 10ten bis 12ten Theil einer Linie genau unterscheiden. Es kann sowohl von der Mittagssonne, als vom Vollmonde beleuchtete Schrift lesen, obschon das Licht der ersteren wenigstens 300000 Mahl stärker als das des letzteren ist. Die Fähigkeit, bey so verschiedener Licht-Intensität zu sehen, verdankt es vorzüglich der Eigenschaft der Pupille, sich im starken Lichte zu verengen, dadurch einem großen Theile der auf die Hornhaut fallenden Strahlen den Eintritt ins Innere des Auges zu verwehren, und sich im schwachen Lichte wieder zu erweitern: daher die schmerzhafte Empfindung, wenn wir aus einem dunklen Raume, also mit erweiterten Pupillen, schnell an einen stark erleuchteten Ort kommen, oder wenn wir die lange verschlossenen Augen gegen helles Licht plötzlich öffnen. Die Nachteulen, die Katzen und viele andere, vorzüglich während der Nacht ihrem Raube nachgehende Thiere, können die Pupille im Lichte bis auf eine sehr enge Spalte schließen, und im Finstern wieder sehr stark erweitern; daher sehen diese bey der Nacht besser als andere Thiere. — Die Menge des von einem sichtbaren Gegenstande in das Auge gesendeten Lichtes nimmt im quadratischen Verhältnisse mit der Entfernung ab; daher verschwinden selbst sehr große Gegenstände in gewissen Entfernungen, weil die äußerst geringe Menge des von ihnen zum Auge gelangenden Lichtes von dem letzteren nicht mehr empfunden wird. Deßwegen werden selbstleuchtende Körper weiter gesehen als bloß erleuchtete Gegenstände von der nähmlichen Größe. Aus derselben Ursache sehen Kurzsichtige solche Gegenstände, die sich dem Auge nach Belieben nähern lassen, z. B. Druckschriften, Zeichnungen u. dgl. m. bey schwacher Beleuchtung, z. B. in der Abenddämmerung, besser als Weitsichtige; weil nähmlich die Entfernung des deutlichen Sehens bey den Ersteren viel geringer ist, daher die Gegenstände dem Auge so nahe gebracht werden können, daß viel mehr Licht von ihnen ins Auge gelangt, als wenn ein Weitsichtiger den Gegenstand in die für ihn erforderliche Entfernung des deutlichen Sehens bringt, denselben also weit vom Auge weghält. Die Form des Objectes und der Durchsichtigkeitsgrad der Atmosphäre haben einen bedeutenden Einfluß auf die Größe des Winkels, unter welchem ein erleuchteter Gegenstand noch sichtbar ist. Die Durchsichtigkeit der Bergluft ist, nach Humboldt, unter dem Aequator so groß, daß man in der Provinz Quito den Poncho

(weißen Mantel) eines Reiters in einer horizontalen Entfernung von 14022 Toisen (über 3,6 östr. Meilen), also unter einem Winkel von 13 Sec. mit unbewaffnetem Auge unterscheidet.

269. Obschon das Auge nur über Licht und Farben ein gültiger Zeuge ist, so urtheilen wir doch auch nach den durch dasselbe erhaltenen Eindrücken nicht nur allein über die Größe der Gegenstände, sondern auch über ihre Entfernung, Bewegung oder Ruhe, und über ihre Figur. Die optischen Täuschungen, denen wir in diesen Beziehungen so häufig ausgesetzt sind, fallen nicht dem Auge, sondern dem auf seine treuen Abgaben voreilige Urtheile wagenden Verstande zur Last. — Die Entfernung schätzen wir nach dem Sehwinkel bey bekannter Größe des Gegenstandes; dann nach dem Winkel, den die beyden auf den Gegenstand gerichteten Augenachsen machen (weßwegen Einäugige über Entfernungen nicht gut urtheilen können); nach der Helligkeit des Objects und nach dem Grade von Deutlichkeit und Reinheit, womit wir sehen; nach der Menge der zwischen ihm und dem Auge befindlichen Gegenstände; endlich durch Vergleichung mit andern in der Nachbarschaft befindlichen Objecten von bekannter Größe. Durch vorsätzliche Täuschung mittelst zweckmäßiger Benutzung dieser Umstände ist die Perspectivmahlerey im Stande, so große Wirkungen hervorzubingen: diese sind vorzüglich in den sogenanten Panorama's überraschend, weil hier dem Auge die Gelegenheit benommen ist, die gemahlten Gegenstände mit andern körperlichen Objecten zu vergleichen. — Wir schließen, daß sich ein Gegenstand bewegt, wenn der Ort an der Netzhaut, wo sein Bild abgemahlt wird, wechselt, oder wenn er seine Lage gegen andere Gegenstände verändert. Da diese Ortsveränderung des Bildes aber eben so gut von einer Bewegung des Beobachters als des Gegenstandes herkommen kann (§. 13); so muß man erst von der Ruhe des ersteren oder wenigstens von der Richtung und Schnelligkeit seiner Bewegung gewiß seyn, ehe man mit Zuverlässigkeit auf die Bewegung des Gegenstandes folgern kann: wie lange haben nicht die Erdbewohner im Dünkel ihrer Ruhe den ganzen gestirnten Himmel sich um die darin fast als Punct verschwindende Erde bewegen zu sehen gewähnt? Uebrigens muß der Körper, dessen Bewegung wir wahrnehmen sollen, sich mit einer gewissen Geschwindigkeit bewegen, damit der Weg, den er in einer bestimmten Zeit zurücklegt, unter einem bemerkbaren Sehwinkel erscheine: ein Körper scheint uns zu ru-

hen, wenn der in einer Zeitsecunde beschriebene Weg nicht wenigstens unter einem Winkel von 15 Raumsecunden erscheint, oder die Länge dieses Weges darf, selbst bey leuchtenden Gegenständen, höchstens 1375 Mahl kleiner seyn als die Entfernung des Gegenstandes vom Auge: deßwegen bemerken wir nicht die Bewegung des Stundenzeigers an einer Sackuhr. Bewegungen in der Richtung der Augenachse können wir nicht aus der Aenderung des Ortes, an dem das Bild auf der Netzhaut erscheint, sondern nur aus andern zufälligen Nebenumständen erkennen: deßwegen können wir so schwer entscheiden, ob ein, in einer einförmigen Ebene in derselben Richtung mit uns gehender, weit entfernter Mensch sich bewege oder ruhe, ob er sich von uns entferne oder uns entgegenkomme, u. dgl. m. Wenn ein Körper sich so schnell beweget, daß er an keinem Orte eine zu dem Gesichtseindrucke erforderliche Zeit verweilet, so sehen wir ihn auch nicht: dieß ist die Ursache, warum wir die Bewegung einer abgeschossenen Flintenkugel nicht bemerken. — Am unsichersten sind die Urtheile über die Gestalt der Körper nach bloßen Gesichtseindrücken, vorzüglich wenn man sie nur aus einem Puncte oder aus einerley Entfernung betrachten kann: eine Kugel wird zur Scheibe, so wie der Kegel, wenn man ihn von seiner Basis ansieht; eine Pyramide wird zum Kegel oder zu einer viereckigen Fläche; eine Scheibe zu einer geraden Linie u. dgl. m.

Nebst der Kurzsichtigkeit (Myopie) und der Weitsichtigkeit (Presbyopie), wovon der Grund schon angegeben worden ist, sind die vorzüglichsten chronischen, auf das Sehen Einfluß habenden Fehler des Auges: der graue Staar (cataracta) oder die Undurchsichtigkeit der Krystallinse, welcher durch das Herausnehmen oder Niederdrücken des abnormen Organs und den darauf folgenden Gebrauch der Staarbrille gehoben werden kann; der schwarze Staar (amaurosis) oder die Unempfindlichkeit der Netzhaut gegen die Eindrücke des Lichts. Tag- und Nachtblindheit. Alle Theile des Auges sind übrigens eigenen Krankheiten unterworfen, wodurch das Sehen immer gestört wird: selbst die gläserne Feuchtigkeit, durch welche das Auge eigentlich zu einem achromatisch-optischen Instrumente wird, ist davon nicht ausgenommen. (Beer's Lehre von den Augenkrankheiten. Wien 1813.)

Vom Sehen mittelst Spiegel.

270. Da die Lichtstrahlen von Planspiegeln mit demselben Grade von Convergenz oder Divergenz zurückgeworfen werden, mit

welchem sie einfielen (§. 237): so müssen sie im Auge den nähmlichen Eindruck machen, als kämen sie aus einer Entfernung, welche der Entfernung des Gegenstandes, und jener des Auges vom Spiegel zusammengenommen gleich ist. Weil wir aber den Gegenstand in jener Richtung sehen, woher der Eindruck kömmt; so verlängern wir die zurückgeworfenen Strahlen in ihrer Richtung so weit hinter den Spiegel, als die Entfernung des Gegenstandes vor dem Spiegel beträgt: wir müssen also den Gegenstand und jeden einzelnen Punct desselben genau so weit hinter dem Spiegel sehen, als er sich vor demselben befindet. Wenn man den Ort finden will, wo ein Gegenstand in einem Planspiegel erscheint, oder wenn man zu bestimmen sucht, ob ein Gegenstand im Spiegel von dem Auge aus einer bestimmten Stelle gesehen werden könne; so ziehe man von dem Gegenstande auf den Spiegel oder dessen Verlängerung eine senkrechte Linie, und verlängere diese noch Ein Mahl so weit hinter den Spiegel: am Ende dieser Linie, welche man die Einfalls-Cathete heißt, befindet sich das Bild, welches nur dann gesehen wird, wenn man vom Auge zu diesem Orte durch den Spiegel eine gerade Linie ziehen kann; oder das Bild erscheint dort, wo die verlängerten, zurückgeworfenen Strahlen die Einfalls-Cathete schneiden.

Es sey A B (Fig. 114) ein Spiegel, C der Gegenstand; so läßt sich vom Gegenstande auf den Spiegel keine Senkrechte ziehen: man verlängere also den Spiegel in Gedanken durch die Linie Bg, so ist Cc die Einfalls-Cathete und in c das Bild, welches vom Auge in O gesehen wird, weil sich von O nach c durch den Spiegel die gerade Linie Oc ziehen läßt, vom Auge in o aber nicht, weil die gerade Linie oc nicht mehr durch den Spiegel geht. Deßwegen braucht der Spiegel nicht so groß zu seyn, als der Gegenstand, um diesen ganz zu sehen: es sey A B (Fig. 115, tab. II.) ein drey Fuß langer Spiegel, C D ein 6 Fuß langer Mensch; so ist D d die Einfalls-Cathete von seinen Füssen und C c die vom Kopfe; nun kann man sowohl zu c als d von dem Auge durch den Spiegel gerade Linien ziehen; folglich kann ein Mensch sich in einem Spiegel ganz sehen, der nur seine halbe Länge hat.

271. Aus dem Gesagten erhellet, daß ein senkrechter Gegenstand in einem senkrechten Spiegel ebenfalls senkrecht, aber nur sein Linkes rechts, und sein Rechtes links erscheinen muß. In horizontalen Spiegeln erscheinen senkrechte Gegenstände gestürzt, d. h. ihr

die zitternde Luft über Feuer, oder über Flächen, die von der Sonne stark erhitzt sind, gesehen werden: Fata Morgana, Kimmung, Luftspiegelung.

275. Gegenstände, welche durch Plangläser angesehen werden, die, wie z. B. unsere Fensterscheiben (vorzüglich geschliffene und polirte Spiegelgläser), von gleichlaufenden Flächen begränzt sind, erscheinen beyläufig um den dritten Theil der Glasdicke näher, und daher auch etwas größer als sie wirklich sind. Sind die Flächen eines solchen Glases nicht gleichlaufend, ist das Glas ein Vieleck, und wird dem Gegenstande eine Fläche desselben zugewendet; so erscheint er so oft vervielfältigt, als Flächen sind, auf welche Lichtstrahlen vom Gegenstande fallen können; wird dem Gegenstande aber ein Eck eines solchen Glases zugekehrt, so erscheinen die Theile des Gegenstandes in einer ganz andern wechselseitigen Lage: darauf beruhen die Anamorphosen, d. h. Zeichnungen oder Gemählde, die nach solchen defigurirten Bildern gemacht sind, die aber einer richtigen Zeichnung des Gegenstandes selbst ganz ähnlich sehen, wenn sie durch dasselbe Glas betrachtet werden, durch welches vorher der Gegenstand verzerrt wurde. Durch die mit der doppelten Strahlenbrechung begabten Körper sieht man die Gegenstände doppelt (§. 242).

276. Wird ein Gegenstand durch ein convexes Glas betrachtet, so werden die zwey äußersten, den Sehwinkel bildenden convergirenden Strahlen noch mehr convergirend und der Sehwinkel dadurch größer, folglich erscheinen durch solche Gläser die Gegenstände größer (§. 267). Es sey (Fig. 121) AB ein biconvexes Glas; der Mittelpunct seiner hintern Krümmung in a, der Mittelpunct der vordern in c, das Auge in O; Fx und Ey seyen zwey von den äußersten Puncten des Gegenstandes EF auf das Glas fallende Strahlen: diese werden beym Eintritte in das Glas an der hintern convexen Fläche AnB zu den Perpendikeln aa und aa gebrochen, beym Austritte an der vordern convexen Fläche ApB aber von den Perpendikeln cc und cc; durch diese beyden Brechungen werden sie aber convergirend und kommen unter dem Winkel yOx, gleich dem Winkel eOf, ins Auge: der Gegenstand EF erscheint also unter dem Sehwinkel eOf, folglich auch, da von diesem seine scheinbare Größe abhängt, in der Größe ef.

Ein convexes Glas vergrößert ein Object so oft, als seine Brenn-

weite in der Entfernung des deutlichen Sehens (10 Zoll) enthalten ist: eine Linse, deren Brennweite 1 Zoll beträgt, vergrößert den Gegenstand 10 Mahl; eine Linse, mit einer Brennweite von 3 Linien, vergrößert ihn 40 Mahl; eine von zwey Linien Brennweite 60 Mahl u. s. f. Die Vergrößerung ist hier linear, d. h. nur nach Einer Ausdehnung genommen; der Gegenstand wird also durch die angegebenen Linsen 10 Mahl, oder 40 oder 60 Mahl länger oder breiter; nimmt man die Vergrößerung, wie es gewöhnlich geschieht, nach der Oberfläche, so wird die erste Linse 100 Mahl, die zweyte 1600 Mahl, die dritte 3600 Mahl vergrößern; den körperlichen Inhalt vergrößert die erste Linse 7000 Mahl, die zweyte 64000 Mahl, die dritte 216000 Mahl. Linsen vergrößern also für dasselbe Auge desto mehr, je geringer ihre Brennweite ist, d. h. je convexer sie sind, oder je mehr sie sich der Kugelgestalt nähern: am stärksten vergrößern rundgeschliffene, gläserne Kügelchen, daher man diese, so wie auch in kleinen Löchern dünner Metallplatten hängende Wassertropfen, oder nach Brewster, die sehr convexen Krystallinsen aus Fischaugen zu einfachen Mikroskopen oder Vergrößerungsgläsern gebraucht hat. Für kurzsichtige Augen vergrößert dieselbe Linse weniger, als für weitsichtige: ist z. B. ihre Entfernung des deutlichen Sehens statt 10 nur 5 Zoll, so vergrößert die Linse von 1 Zoll Brennweite den Gegenstand nur 5 Mahl u. s. w.

277. Da durch convexe Gläser die Divergenz jener Lichtstrahlen vermindert wird, die von den einzelnen Puncten des Gegenstandes auf das Glas fallen, oder die Divergenz der Strahlen der einzelnen Lichtkegel, die auf der Netzhaut wieder den Brennpunct bilden müssen, und da das Auge von den einzelnen Puncten naher Objecte sehr divergirende, von jenen sehr entfernter Objecte aber den parallelen sich mehr nähernde Strahlen zu bekommen gewohnt ist: so müssen uns Gegenstände, durch convexe Gläser betrachtet, entfernter scheinen. Es sey yZx (Fig. 121) ein solcher von dem Puncte Z des Gegenstandes EF kommender Lichtkegel; die zwey Strahlen Zy und Zx werden durch die Brechung in der Glaslinse weniger divergirend, so daß sie in der Richtung yv und xv aus dem Glase treten; das Auge, welches von dieser Brechung nichts weiß, versetzt den Gegenstand dorthin, wo die zwey Strahlen yv und xv, wenn sie immer fort in der Richtung, in der sie zum Auge gelangen, sich bewegt hätten, von einem Puncte ausgegangen seyn müßten, oder wo die zwey ins Auge gelangenden Strahlen sich kreuzen würden, also nach g: convexe Gläser vergrößern und entfernen folglich die Gegenstände.

Fallen von einem sehr entfernten Gegenstande parallele Strahlen auf ein convexes Glas, so zeigt sich im Brennpuncte dessen Bild (§. 244*); ist die Entfernung des Gegenstandes nicht so groß, daß man die von ihm aufs Glas fallenden Strahlen als parallel annehmen könnte, aber größer als die Brennweite des Glases, daß also die divergirend einfallenden Strahlen durch die Linse noch immer convergirend werden, so bildet sich hinter dem Gläse und hinter seinem Brennpuncte ein verkehrtes aber vergrößertes Bild; befindet sich der Gegenstand im Brennpuncte selbst oder noch näher am Glase, so macht er hinter dem Glase kein Bild, weil die Strahlen dann nie convergirend, sondern nur parallel oder weniger divergirend werden. Auf diese Weise entsteht, mittelst der convexen durchsichtigen Körper in unserm Auge das Bild auf der Netzhaut (§. 263).

278. Da concave Gläser, die von entfernten Gegenständen kommenden, parallelen Strahlen divergirend, und die divergirenden von nahen Gegenständen noch mehr divergirend machen; so wird durch sie eben so wenig ein Bild als ein Brennpunct hervorgebracht. Wenn wir durch Hohlgläser sehen, so kommen die Strahlen immer mehr divergirend oder weniger convergirend ins Auge, als sie vom Objecte ausgehen; dadurch wird der Sehwinkel kleiner; es erscheint also auch der Gegenstand kleiner. Weil aber nur nahe Gegenstände sehr divergirende Lichtkegel von ihren einzelnen Puncten ins Auge schicken; so erscheint wegen der vermehrten Divergenz der Strahlen der einzelnen Lichtkegel der Gegenstand näher: Hohlgläser verkleinern und nähern also.

Von einigen optischen Instrumenten.

279. Die Instrumente, womit der Mensch sein Auge zu nützlichen Zwecken bewaffnet, stellen entweder kleine Gegenstände als groß, oder entfernte als nahe dar: jene heißen Mikroskope, Vergrößerungsgläser; diese Teleskope, Ferngläser.

Die Brillen (§. 264*), welche die Gegenstände weder nähern noch vergrößern, sondern die Divergenz der von den einzelnen Puncten der Objecte kommenden Strahlen nur so abändern sollen, daß sie von einem weitsichtigen oder kurzsichtigen Auge auf der Netzhaut so in einem Bilde vereinigt werden können, als ob sie aus der Entfernung des deutlichen Sehens für dieses Auge kämen, gehören nur im weiteren Sinne zu den optischen, wie Krücken zu den chirurgischen Instrumenten.

280. Die scheinbare Größe eines Gegenstandes hängt von dem Sehwinkel ab: Mikroskope müssen also die Objecte unter einem größeren Sehwinkel darstellen. Die Entfernung eines sichtbaren Körpers steht für das Auge, bey übrigens gleichen Umständen, mit dem Grade der Divergenz jener Strahlen, die von jedem sichtbaren Puncte des Körpers ausströmen, und auf der Netzhaut wieder in einem Puncte gesammelt werden müssen, im umgekehrten Verhältnisse: folglich müssen Teleskope die Divergenz dieser Strahlen der einzelnen Lichtkegel vermehren. Bey zusammengesetzten Instrumenten von dieser oder jener Art betrachtet man den Gegenstand nicht selbst, sondern sein auf irgend eine zweckdienliche Art hervorgebrachtes Bild (§. 263*).

281. Die Mikroskope sind entweder einfach oder zusammengesetzt. Jedes convexe Glas ist ein einfaches Mikroskop (§. 276*). Ihr Verdienst besteht eigentlich darin, daß sie Gegenstände in einer Nähe deutlich darstellen, in welcher wir sie mit freyem Auge wohl groß aber nicht deutlich sehen würden. Sie vergrößern um so mehr, je kürzer ihre Brennweite, je kleiner also der Durchmesser ihrer Krümmungssphäre ist (§. 276).

Linsen, derer Brennweite über 1 Zoll beträgt, nennet man Loupen; Linsen mit geringerer Brennweite aber einfache Mikroskope (§. 276*). Man hat Linsen von 1/200 Zoll Brennweite gemacht, die demnach den Durchmesser des Gegenstandes 2000 Mahl, folglich seine Fläche 4 Millionen Mahl vergrößern; allein nebst dem, daß bey solchen sehr schwierig genau zu verfertigenden, schon mehr kugel- als linsenförmigen Gläsern das Gesichtsfeld, d. h. der bey einerley Richtung der Linse auf Ein Mahl übersehbare Theil des Gegenstandes immer kleiner, die aus der Abweichung wegen der Kugelgestalt und aus der Farbenzerstreuung entspringende Undeutlichkeit dagegen immer größer wird, müssen sie auch dem Gegenstande, der sich eigentlich in ihrem Brennpuncte befinden soll, sehr nahe gebracht werden, und verhindern dadurch dessen gehörige Beleuchtung. Zum gewöhnlichen Gebrauche wählt man Linsen von mittlerer Brennweite. Die zu Loupen verwendeten Glaslinsen sind gewöhnlich auf beyden Seiten gleich convex; sind sie es nicht, so muß beym Gebrauche die mehr convexe Seite dem Objecte zugewendet werden. Je weiter man die Linse vom Auge hält, desto kleiner wird das Gesichtsfeld. Das Sehen durch Mikroskope fordert überhaupt einige Uebung; es ist daher räthlich, bey mikroskopischen Untersuchungen den Anfang mit schwachen Vergrößerungen zu machen, und diese nur allmählich mit stärkeren zu vertauschen. Da

auf die gute Beleuchtung des Objectes sehr viel ankommt; so läßt man die Sonnenstrahlen entweder unmittelbar auf das Object fallen, oder wirft sie mittelst Spiegel darauf, oder verdichtet sie auf demselben mittelst convexer Gläser. Undurchsichtige Objecte müssen von oben beleuchtet werden, welches meistens durch einen Hohlspiegel geschieht, den die Fassung der Linse an ihrer unteren Fläche bildet, und den man **Lieberkühn** heißt. Die Fassung der Linse hat überdieß noch einen andern Zweck: nähmlich durch Bedeckung des Randes nur den nahe an der Achse der Linse einfallenden Strahlen den Durchgang zu gestatten, weil nur diese genau an Einem Orte den Brennpunct bilden; dadurch wird aber auch das Sehfeld noch mehr beschränkt. Man verfertigt auch aus Crownglase und Flintglase zusammengesetzte, achromatische Loupen.

282. Den genannten Unvollkommenheiten der einfachen Vergrößerungslinsen sollen die **zusammengesetzten Mikroskope** abhelfen. Das einfachste unter den zusammengesetzten, rein dioptrischen Mikroskopen besteht aus zwey convexen Gläsern (Fig. 122). Das dem Gegenstande zugekehrte Glas, **Objectivglas** ab ist kleiner, und hat immer eine kürzere Brennweite als das Ocularglas AB. Der Gegenstand xy muß etwas, aber nicht viel, über den Brennpunct des Objectivglases entfernt werden, damit die noch sehr divergirend auf das Glas fallenden Strahlen erst weit hinter demselben, also dem Ocularglase schon ziemlich nahe, z. B. in x′y′ ein Bild machen, welches daher schon viel größer als der Gegenstand seyn muß. Da der Ort dieses Bildes zugleich der Brennpunct des Ocularglases ist; so sieht man es durch das letztere, so wie jeden andern in diesem Brennpuncte befindlichen Gegenstand, nochmahls vergrößert. Statt Eines Ocularglases hat man derer oft zwey oder drey. Die Objectivgläser hat man in den neueren Zeiten, so wie jene der Fernröhre, durch Zusammensetzung aus Flint- und Crownglas zu achromatisiren angefangen. Auch hat man gefunden, daß die Reinheit und Deutlichkeit der Bilder ungemein gewinnt, wenn man statt Eines Objectivglases mit sehr kurzer Brennweite, zwey oder drey Linsen mit so großer Brennweite anwendet, daß der Brennpunct, der durch alle drey gegangenen Lichtstrahlen an denselben Ort fällt, wohin der Brennpunct der Einen sehr convexen Linse gefallen wäre. Durchsichtige Körper, welche das Licht in einem größeren Verhältnisse als das Glas brechen, wie z. B. Sapphire, Diamanten, gestatten bey ihrer Anwendung als Linsen in

Mikroskopen bey gleicher Deutlichkeit eine größere Oeffnung, und gewähren bey gleicher Convexität eine (Diamanten beynahe drey Mahl) stärkere Vergrößerung: Pritchard's Mikroskop mit einer Diamantlinse (Schweigg. J. 49, 497).

Durch das Sonnen- und Lampen-Mikroskop sieht man die durch convexe Gläser vergrößerten, auf Tafeln geworfenen Bilder der Gegenstände sehr hell beleuchtet durch Sonnen- oder Lampenlicht, welches auf ihnen mittelst Spiegel und Collectivgläser concentrirt wird. Eine dem Sonnen-Mikroskope ähnliche Einrichtung hat die Zauberlaterne. — Fig. 123 stellt ein tragbares finsteres Zimmer, camera obscura vor: die Röhre mit dem convexen Glase ge wird dem Gegenstande zugekehrt, dessen Bild vergrößert aber verkehrt auf den unter einem Winkel von 45° geneigten Spiegel cd fällt, von dem es vergrößert auf das mattgeschliffene Glas ab geworfen wird. Wenn das Bild, statt auf das mattgeschliffene Glas zu fallen, durch ein dort angebrachtes convexes Glas betrachtet wird, so heißt diese Einrichtung das helle Zimmer, camera clara. Wollaston's von Amici verbesserte camera lucida dient vorzüglich zum Aufnehmen von Gegenden, und zum verkleinernden oder vergrößernden Nachzeichnen: ihre Einrichtung beruhet auf der Zurückwerfung, welche die Lichtstrahlen erleiden, wenn sie beym Eintritte oder Austritte aus Glas die Begränzungsflächen unter einem sehr spitzigen Winkel treffen (s. Gilb. A. 34, 353. Berzelius Jahrsbericht 1825). Unter den katadioptrischen Mikroskopen zeichnet sich das von Prof. Amici in Modena angegebene und ausgeführte durch sein beträchtliches Vergrößerungsvermögen, durch Schärfe, Klarheit und Farbenlosigkeit der dadurch vergrößerten Gegenstände, und durch einige Bequemlichkeiten beym Gebrauche aus: es verhält sich seiner Einrichtung nach zu dem gewöhnlichen dioptrischen zusammengesetzten Mikroskope wie Newton's Spiegelteleskop zu dem gewöhnlichen astronomischen Fernrohre (Schreiber's über Amici's katadioptrisches Mikroskop u. s. w.; in Gilb. A. 66, 253. — *J. B. Amici mem. di microscopi catadiottrici. Modena* 1818. 301. — Goring in Baumgartner's Zeitschrift u. s. w. 1 331. Baumgart. Naturlehre, Supplementb. S. 618 u. d. f.) Fraunhofer hat gezeigt, daß die äußerste Gränze dessen, was durch ein Mikroskop möglicher Weise noch gesehen werden kann, die Länge Einer Lichtwelle, also 0,000023 W. Z. im rothen Lichte, und 0,000016 W. Z. im violeten Lichte sey; denn ein Gegenstand von dieser Größe kann nicht mehr als aus zwey Theilen bestehend erkannt werden, wenn er auch wirklich aus zwey Theilen zusammengesetzt ist (Gilb. A. 74, 366).

283. Jedes Hohlglas ist eigentlich ein einfaches Teleskop,

weil durch dasselbe nach §. 278 die Gegenstände näher erscheinen. — Die gewöhnlichen Teleskope oder Fernröhre bestehen aus mehreren Gläsern. Sie sind entweder rein dioptrisch, oder, in so fern auch Spiegel dabey angewendet sind, katadioptrisch. Die dioptrischen Fernröhre sind entweder astronomische, Himmelsröhre, oder Erdröhre.

284. Das einfachste dioptrische Fernrohr ist das astronomische (Fig. 124), welches aus einem biconvexen Objectivglase AB von längerer Brennweite, und aus einem ebenfalls biconvexen Ocularglase ab von kürzerer Brennweite besteht. Die zwey Gläser sind so gestellt, daß der Brennpunct des Objectivglases mit dem des Ocularglases in x zusammenfällt. Die so weit entfernten Objecte, daß ihre Strahlen als parallel betrachtet werden können, z. B. der Mond oder andere Himmelskörper, die in der Figur durch einen Pfeil vorgestellt sind, erscheinen als Bilder in dem gemeinschaftlichen Brennpuncte x; dieses Bild sieht das Auge in O vergrößert durch die Ocularlinse. Die durch dieses Instrument erscheinende Größe des Gegenstandes verhält sich zu der mit freyem Auge wahrgenommenen, wie die Brennweite (oder annähernd wie die Oeffnung) des Objectivglases zu jener des Ocularglases. Dieses Himmelsrohr, welches eigentlich nur ein zusammengesetztes Mikroskop ist, in welchem die Ocular- und Objectivlinse den Platz gewechselt haben, zeigt die Gegenstände immer verkehrt, welches bey Beobachtung der Gestirne keinen Nachtheil hat. Will man dieses Fernrohr für irdische Gegenstände gebrauchen, so darf man nur noch zwey Ocularlinsen anbringen, um die Objecte in aufrechter Stellung zu sehen. — Für irdische Gegenstände eignet sich jedoch das holländische oder Galileische Fernrohr (Fig. 125) besser, weil es schon mit zwey Gläsern die Gegenstände nicht verkehrt darstellt. Dieses besteht aus einem convexen Objectivglase AB, und aus einem concaven Ocularglase ab. Der Brennpunct des ersteren fällt mit dem Zerstreuungspuncte des letzteren (schon außer dem Rohre gegen das Auge) zusammmen, so daß also die Entfernung des Ocularglases vom Objectivglase nicht so viel als die Brennweite des letzteren beträgt, sondern um die (negative) Brennweite des Ocularglases geringer ist. Die Lichtstrahlen kommen convergirend gemacht durch das Objectivglas bey dem Ocularglase an, werden von diesem parallel gebrochen, und gelangen so ins Auge. Auch dieses Fernrohr

vergrößert den Gegenstand so oftmahl, als die Brennweite des Ocularglases in jener des Objectivglases enthalten ist; aber das Gesichtsfeld ist noch kleiner als bey dem vorigen; die Gegenstände erscheinen dafür viel heller und deutlicher; man bedient sich daher desselben heute vorzüglich als Taschenperspectiv.

Die Gläser der zusammengesetzten Mikroskope sowohl als auch der Teleskope werden gewöhnlich in messingene Röhren befestigt. Um die aus der Abweichung wegen der Kugelgestalt entspringende Undeutlichkeit zu vermindern, müssen die Krümmungen der Gläser in einem bestimmten Verhältnisse zu einander stehen, und die zunächst am Rande des Glases einfallenden Strahlen müssen abgehalten werden, damit sie zur Darstellung des Bildes sowohl im Fernrohre, als auch im Auge nichts beytragen. Zur Erreichung des letzten Zweckes sind an gewissen Stellen des Rohres Diaphragmen oder Blendungen, d. h. in der Mitte mit einer verhältnißmäßigen Oeffnung versehene senkrechte Scheiben angebracht. Vorzüglich muß der Rand der Ocularlinse ziemlich weit gegen den Mittelpunct zu bedeckt werden, wodurch das Sehfeld bedeutend verengt wird: den unbedeckten Theil des Objectiv- und Ocularglases heißt man die Oeffnung derselben. Die ganze innere Fläche des Rohres ist geschwärzt, damit von derselben nicht falsches Licht auf die Gläser reflectirt werde. Die Achsen aller Gläser müssen Eine gerade Linie bilden. Bey größeren Instrumenten ist das Stativ von Wichtigkeit, theils um das Object in die erforderliche Entfernung und Lage zu bringen, theils um dem Instrumente leicht und sanft, ohne Unterbrechung der Beobachtung jede beliebige Richtung geben zu können. Zur Bewerkstelligung genauer Messungen mittelst dieser Instrumente sind in denselben Mikrometer angebracht.

285. Die Farbenränder, womit (vorzüglich bey einem großen Unterschiede der Brennweiten des Objectiv- und Ocularglases, also gerade bey den wirksamsten Fernröhren) wegen der mit der Brechung des Lichtes zugleich eintretenden Farbenzerstreuung die Gegenstände eingefaßt erscheinen (§. 245), verengen nicht allein das Sehfeld noch sehr bedeutend, sondern thun auch der Deutlichkeit der Bilder großen Eintrag. Newton hielt es für unmöglich, diese Unvollkommenheit bey der Construction dioptrischer Fernröhre zu vermeiden; als man aber durch die Beobachtung, daß das Auge die Lichtstrahlen breche, ohne sie in Farben zu zerstreuen, auf die Entdeckung geleitet wurde, daß die Fähigkeit der verschiedenen Mittel, die Lichtstrahlen zu brechen, mit jener, die Farben zu zer-

streuen, nicht immer im geraden Verhältnisse stehe (§. 244), lernte man **achromatische**, d. h. farbenlose Fernröhre verfertigen. Das bleyoxydhältige Flintglas zerstreuet die Farben viel mehr als das gemeine Glas (Crownglas), bricht aber die Lichtstrahlen fast in demselben Verhältnisse (§. 145*). Wenn nun das Objectivglas eines Teleskopes zusammengesetzt ist aus einem concavconvexen Flintglase (Fig. 126) A B, und aus einem biconvexen Crownglase CD, oder aus zwey biconvexen Linsen von Crownglas (Fig 127) CD und EF, und aus einem biconcaven Flintglase AB: so kann das Flintglas die Brechung des Crownglases nicht ganz aufheben, die Strahlen fahren also fort zu convergiren; allein die durch das convexe Crownglas hervorgebrachte Farbenzerstreuung wird durch das hohle Flintglas aufgehoben, und das Bild erscheint daher farbenlos. Fernröhre mit einem solchen Objectivglase nennet man **Achromate.**

Aus dem (§. 245*) Gesagten erhellet, daß es nicht möglich ist, mittelst Crown- oder Flintglases vollkommen achromatische Objectivgläser zu machen; indem das Verhältniß des Brechungsvermögens dieser zwey Glassorten für jeden gefärbten Strahl ein anderes ist, daher bey jedem Verhältnisse der Convexität des Crownglases und der Concavität des Flintglases nur Ein gefärbter Strahl **vollkommen** aufgehoben werden kann. Um die noch übrige Farbenzerstreuung so unmerklich als möglich zu machen, muß man ein solches Verhältniß des Flintglases zum Crownglase anwenden, daß dadurch jene Farbe ganz aufgehoben wird, welche den stärksten Eindruck aufs Auge macht, und dieses ist, nach **Fraunhofer's** Versuchen, das gelbe Licht, etwas näher an Orange als an Grün (**Gilb.** A 56, 301). Selbst das menschliche Auge ist, nach **Fraunhofer** (in **Gilb.** A. 56, 304), nicht vollkommen achromatisch, indem das Ocularglas eines Fernrohres, dessen Mikrometerfaden man im rothen Lichte ganz deutlich sieht, beträchtlich hineingeschoben (dem Mikrometerfaden genähert) werden muß, um ihn im blauen Lichte eben so deutlich zu sehen. Schon **Newton** machte den Vorschlag, durch Füllung hohler Convexgläser mit verschiedenen Flüssigkeiten die Farbenzerstreuung derselben aufzuheben, und es wurden nach ihm auch mehrere solche **aplanatische Objectivgläser** zu Stande gebracht; sie besitzen aber alle die sehr lästige Unvollkommenheit, daß sich das Strahlenbrechungsvermögen der Flüssigkeiten mit der Temperatur bedeutend ändert, daß daher bey Temperaturveränderungen Wellen in der Flüssigkeit entstehen (**Blair** in **Gilb.** A. 6, 129. **Fraunhofer** in **Gilb.** A. 54, 277). — Der größte

Achromat wurde von Fraunhofer in der Werkstätte zu Benedict-Bayern für die Sternwarte in Dorpat verfertigt: sein Objectivglas hat 9 Zoll Oeffnung.

286. Newton, welcher die Vermeidung der Farbenzerstreuung bey dioptrischen Teleskopen für unmöglich hielt, suchte das Objectivglas durch Spiegel zu ersetzen (Fig. 128). Die von dem Gegenstande kommenden Strahlen ab, cd, ef, gh fallen auf einen im Grunde des Rohres befindlichen Hohlspiegel AB, von diesem auf einen vor dessen Brennpunct C unter einem Winkel von 45° zur Achse xy geneigten Planspiegel FG, der das Bild nach KL wirft, wo es durch das seitwärts angebrachte convexe Ocularglas MN dem Auge in O vergrößert unter dem Winkel MON erscheinet. — In dem Gregorianischen Spiegel-Teleskope fallen die Strahlen von dem großen in der Mitte durchbohrten, dem Gegenstande zugekehrten Hohlspiegel auf einen dessen Oeffnung gegenüber stehenden kleinern (Fangspiegel), und das von diesem hervorgebrachte Bild wird durch ein oder zwey in der Oeffnung des großen Spiegels befindliche convexe Ocularglaser gesehen.

Herschel und Schröter änderten Newton's Fernrohr dahin ab, daß sie den großen Hohlspiegel etwas gegen die Achse des Rohres neigten, so daß er das Bild an den unteren Rand der vorderen Mündung des Rohres warf, wo es durch angebrachte Convergläser betrachtet wurde. Herschel hat seine folgenreichen astronomischen Entdeckungen mit einem solchen im Jahre 1786 zu Stande gebrachten Fernrohre gemacht, welches 40 Fuß lang ist, dessen Spiegel 4 Fuß Oeffnung hat, und 25 Zentner wiegt.

Photometrie.

287. Zu den optischen Instrumenten im weitesten Sinne gehören auch diejenigen, welche die Messung der Intensität des Lichtes zum Zwecke haben, und welche man Photometer heißt. Das Photometer des Gr. Rumford bestand ursprünglich aus einer senkrechten, weißen Fläche, z. B. einem aufgespannten Bogen weißen Papieres, vor dem in einer Entfernung von einigen Zoll ein cylindrischer Stab von einem halben Zoll im Durchmesser stand. Will man nun z. B. das Licht einer Lampe mit dem Lichte einer Wachskerze vergleichen, so stellt man zuerst beyde in gleiche Entfernungen

hinter den Stab, so daß die zwey Schatten, die der Cylinder wirft, auf der weißen Fläche neben einander fallen; nun vergleichet man die Schatten: ist einer dunkler als der andere, so entfernt man das Licht, welches den dunkleren Schatten wirft, so lange in derselben Richtung, bis die beyden Schatten genau gleich dunkel erscheinen: die Intensität des Lichtes der Lampe verhält sich zu jener des Kerzenlichtes, wie das Quadrat der Entfernung der ersteren zu jenem des letzteren (§. 229). Wenn z. B. die Lampe acht Fuß von der weißen Fläche entfernt werden muß, ehe ihr Schatten mit dem der Wachskerze in vier Fuß Entfernung gleich wird; so verhält sich die Intensität des Lampenlichtes zur Intensität des Kerzenlichtes wie $8 \times 8 = 64$, zu $4 \times 4 = 16$ oder wie $4 : 1$, d. h. die Lampe gibt 4 Mahl mehr Licht als die Kerze (§. 230). Saussure bediente sich auf seinen Alpenreisen des tropfbaren Chlor als Photometer, indem er die verschiedene Intensität des Lichtes z. B. auf hohen Bergen und in Thälern, nach der Menge von Sauerstoffgas schätzte, die sich bey der Einwirkung desselben aus dem tropfbaren Chlor entwickelte. Landriani schlug dazu auf eine Papierscheibe gestrichenes Hornsilber vor, welche von einer andern undurchsichtigen, nur mit Einem Ausschnitte versehenen Scheibe bedeckt ist; durch ein Uhrwerk rückt der Ausschnitt alle Stunden oder alle halbe Stunden um eine Stelle weiter: diese Stellen werden nun um so mehr oder weniger dunkel gefärbt, je heller oder weniger hell während jener Zeit, da der Ausschnitt darüber stand, z. B. die Sonne schien. — Leslie's Photometer bestehet aus zwey correspondirenden Thermometern, wovon die Kugel nur des einen geschwärzt wird: im Dunkeln stehen die beyden Thermometer gleich hoch, im Lichte stehet das Thermometer mit geschwärzter Kugel höher als das andere, und zwar um so höher, je größer die Intensität des darauf fallenden Lichtes ist.

Man kann auch die Intensität des Lichtes nach der Zahl der Schichten eines durchsichtigen oder durchscheinenden Körpers messen, die man zwischen das Auge und das Licht stellen kann, ehe das letztere unwahrnehmbar wird: darauf beruht Lampadius Photometer (Accum über das Gaslicht, übers. v. Lampadius 1816).

Ausführlicheren Unterricht über die Erscheinungen des Lichtes findet man in Newton Optice libri III. Laus. et Genevae 1740. 4. — Dr. Joh. Priestley's Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Optik, übers. v. Klügel. 4. Leipzig 1776. — Hauy's Grundriß der Physik. Aus dem Französischen von Blumhof.

2 Theile mit 16 Kupfertafeln. Weimar 1804. — Gehler's und Fischer's physikalisches Wörterbuch unter den hierher gehörigen Artikeln. In den bis jetzt erschienenen Bänden der neuen Auflage von Gehler's physik. Wörterbuche (durch Brandes, Gmelin, Horner, Munke, Pfaff) zeichnen sich vorzüglich die Artikel über das Licht durch Gründlichkeit und Klarheit der Darstellung aus. — Abhandlungen über einzelne Theile der Optik in Green's Journal und Gilbert's Annalen der Physik; in Schweigger's Journal der Chemie. — Den mathematischen Theil dieser Lehre findet man fast in allen Lehrbüchern der Mathematik abgehandelt, z. B. in dem von Kästner, von Metzburg, Karsten (herausgegeben von Mollweide). — K. G. Langsdorf, Grundlehren der Photometrie oder der optischen Wissenschaften. Erlangen 1803 — 1805. 2 B. 8. — Prechtl's pract. Dioptrik. Wien 1828. — Littrow's Dioptrik. Wien 1830. — In A. Baumgartner's Naturlehre u. s. w. vorzüglich im Supplementbande (Wien 1831), findet man die Lehre vom Lichte mit Vorliebe abgehandelt.

IV. Wärme.

288. Dem Auge verdankt der Mensch die Empfindung von Licht, dem Gemeingefühle die Empfindung von Wärme. — Mit dem Worte Wärme verbinden wir, nach dem gemeinen Sprachgebrauche, drey verschiedene Begriffe: sagen wir: „Schnelles Gehen erregt Wärme," so verstehen wir darunter das Gefühl von Wärme (subjective Wärme), welches wir Hitze oder Kälte nennen, wenn es durch übermäßige Steigerung oder Herabstimmung unangenehm wird; sagen wir: „Ein thönener Ofen behält die Wärme länger als ein eiserner," so bezeichnen wir damit den Zustand des Ofens, worin er jenes Gefühl hervorzubringen im Stande ist: diesen Zustand der Körper drucken wir bestimmter mit dem Worte Temperatur (T.) aus; in der Redensart endlich: „die Wärme dehnt alle Körper aus," verstehen wir unter Wärme die letzte unbekannte als eine eigenthümliche Materie gedachte Ursache aller Wärmeerscheinungen, also die objective Wärme, welche wir durch den Ausdruck Wärmestoff (Wst.) unterscheiden wollen.

289. Eine der allgemeinsten Wirkungen des Wst's. ist die Veränderung der Ausdehnung oder des Volumens, welche er durch seine Verbindung oder Trennung in den Körpern hervorbringt. Man kann als eine allgemeine Regel festsetzen, daß alle Körper durch Erwär-

men ihr Volumen vergrößern oder sich nach allen Seiten ausdehnen, und daß sie sich durch Abkühlen auf ihre alte Temperatur auch wieder auf ihr voriges Volumen zusammenziehen, wenn sie durch das Erwärmen keinen Verlust an Masse und keine chemische Veränderung erlitten haben; daß also die Körper durch Erkalten zusammengezogen oder verdichtet werden. Eine kupferne Kugel, welche kalt durch einen metallenen Ring fällt, bleibt auf demselben, wenn sie glühend gemacht worden ist, so lange liegen, bis sie wieder erkaltet ist, oder der Ring durch Erwärmen sich ausgedehnt hat. Eine Blase, in der nur wenig Luft ist, wird durch Erwärmen gespannt. Alle Körper verlieren durch Erwärmen an specifischem Gewichte, ohne die geringste Veränderung ihres absoluten Gewichtes; folglich muß ihr Volumen größer geworden seyn (§. 46). Manche Körper, die auf kaltem Wasser schwimmen, gehen in heißem Wasser unter.

290. Der Grad der Ausdehnung, welchen verschiedene Körper durch gleiche Erwärmung erlangen, ist nicht gleich und sehr von ihrer Form abhängig. Gase werden durch Wärme am meisten ausgedehnt, tropfbare Körper schon viel weniger, am wenigsten aber starre. Wenn 1000 Kubik-Zoll Luft vom Eis- bis zum Siedepuncte des Wassers erhitzt werden, so nehmen sie einen Raum von 1375 Kubik-Zoll ein; 1000 Kubik-Zoll Wasser bey derselben Erhitzung nur 1046,6 Kubik-Zoll; und 1000 Kubik-Zoll Eisen ebenfalls unter denselben Umständen nur 1001,5 Kubik-Zoll. Folglich dehnt sich die Luft 8 Mahl mehr aus als das Wasser, und dieses über 30 Mahl mehr als Eisen. Körper, welche sich durch gleiche Erwärmung mehr ausdehnen als andere, heißen empfindlicher für die W. — Alle Gase, Lüfte sowohl als Dämpfe, sind durch die Wärme gleich ausdehnsam, d. h. alle vergrößern das Volumen, welches sie beym Schmelzpuncte des Eises besitzen, durch Erhitzen bis zum Siedepuncte des Wassers um 0,375 (also für 1° C. um $0{,}00375 = 1/267$, für 1° R. beynahe um $0{,}0046875 = 1/213$). Tropfbare und starre Körper sind nicht gleich ausdehnsam, sondern einer unterscheidet sich von dem andern in Hinsicht dieser Ausdehnsamkeit: so dehnt sich Alkohol mehr aus als Leinöhl, dieses mehr als Salpetersäure, diese wieder mehr als Wasser, und das letzte endlich mehr als Quecksilber. Die Ausdehnsamkeit des Zinkes übertrifft jene des Platins $3\frac{1}{2}$ Mahl. — Endlich unterscheiden sich die Körper in den verschiedenen Aggregat-Zuständen hinsichtlich ihrer Ausdehnsamkeit durch W. auch noch dadurch,

daß die Gase sich durch Wärme gleichförmig ausdehnen, oder daß ihr Volumen mit der Zunahme oder Abnahme der wahren T. stets in demselben Verhältnisse vermehrt oder vermindert wird, d. h. daß sie sich, sie mögen vorher auf was immer für einen Grad erhitzt (nach Davy auch verdichtet oder verdünnt) seyn, durch einen gleichen Zuwachs von W. doch immer um einen gleichen Theil ihres Volumens ausdehnen: wenn z. B. eine gewisse Menge atm. eiskalter Luft, durch den Zusatz einer bestimmten Menge von Wst., ihr Volumen um $^1/_{1000}$ vermehrt; so wird sie dieselbe Volumensvermehrung von $^1/_{1000}$ erhalten, wenn ihr, da sie sich bis zum Siedepuncte des Wassers erhitzt befindet, dieselbe Menge von Wst. zugeführt wird. — Die Ausdehnung der starren Körper nahm man sonst auch bey allen Temperaturen für gleichförmig, oder für verhältnißmäßig mit der wahren Temperatur an; allein nach den Versuchen von de Luc, Hällström, und vorzüglich von Dulong und Petit, scheint ihre Ausdehnsamkeit mit der T. (vorzüglich wenn sie einmahl bis über den Siedepunct des Wassers erhitzt sind) beträchtlich zuzunehmen, d. h. sie scheinen sich durch eine gleiche Erwärmung um so mehr auszudehnen, je wärmer sie schon sind. Diese Ungleichförmigkeit soll vorzüglich beym Glase sehr beträchtlich seyn. — Von tropfbaren Substanzen ist diese Ungleichförmigkeit der Ausdehnung durch W. schon lange als eine ausgemachte Thatsache bekannt, und man weiß, daß ihre Ausdehnsamkeit von ihrem Schmelzpuncte gegen ihren Siedepunct in einem steigenden Verhältnisse zunimmt. Die Ausdehnung des Quecksilbers ist weniger ungleichförmig als die der übrigen tropfbaren Flüssigkeiten, wozu wahrscheinlich der weite Abstand des Gefrierpunctes vom Siedepuncte viel beyträgt.

Bey der Reduction des Volumens einer Gasart von einer T. auf die andere muß man nicht vergessen, daß die oben angegebene Raumvermehrung beym Erwärmen für jeden Grad, Theile jenes Volumens bedeutet, welches das Gas beym Nullpuncte einnimmt: jedes eiskalte Gas vermehrt also beym Erhitzen um 1^0 R. seine Ausdehnung um $^1/_{213}$. 213 K. Zoll eiskaltes Gas erweitern also beym Erwärmen für jeden Grad R. ihren Raum um 1 K. Zoll; nehmen also nach der Erwärmung auf $+ 15^0$ R. einen Raum von 228 K. Zoll, und nach der Erwärmung auf $+ 80^0$ R. einen Raum von 293 K. Zoll ein. Aber 213 K. Zoll Gas von $+ 15^0$ R. erweitern beym Erwärmen auf $+ 30^0$ R. ihr Volumen nicht auf 228 K. Zoll; sondern um dieses zu finden, muß man die Grade der T., welche das Gas bereits hat, also 15 zu 213,

addiren, dann dasselbe auch mit den Temperaturgraden thun, auf welche das Gas erwärmt werden soll, und dann die Proportion ansetzen; wie sich diese zwey Summen zu einander verhalten, so verhält sich das Volumen des Gas bey einer T. zu seinem Volumen bey der andern T.: in dem gegebenen Falle also, 228:243 = 213: 227,04. 100 Rthle. atm. Luft dehnen sich, nach Davy, beym Erwärmen von + 80° R. bis zur dunklen Rothglühhitze auf 225 Rthle. und bis zur lichten Rothglühhitze auf 250 Rthle. aus. — Die von Brewster in den Höhlungen einiger Mineralien gefundene Flüssigkeit dehnet sich, wenn seine Beobachtung richtig ist, unter allen bekannten Substanzen am meisten aus, nähmlich um 0,25 bey einer Temperaturserhöhung von + 13°,3 R. (Schweigg. J. 40, 180). — Als Ausnahmen von dem Gesetze, daß alle Körper sich durch Erwärmen ausdehnen und durch Abkühlen zusammenziehen, führt man solche Substanzen an, die durch Erkalten aus dem tropfbaren Zustande in den starren übergehen, und dabey eine regelmäßige Gestalt annehmen, wohin das Wasser beym Uebergange in Eis und mehrere Salzlaugen beym Krystallisiren gehören. Das Volumen des Wassers verhält sich zu dem Volumen des durch sein Gefrieren entstandenen Eises nach Irving und Scoresby wie 14:15, nach Williams wie 17:18; nach Einigen wie 8:9, nach Musschenbröck wie 918:1000, nach Meineke wie 885:1000. Das Eis ist um so leichter, je unregelmäßiger es krystallisirt, je undurchsichtiger und weißer (dem Schnee ähnlicher) es aussieht; weil es in diesem Zustande viel Luft eingeschlossen enthält; doch ist auch das klarste Eis leichter als Wasser; und das letztere nimmt mehr an Volumen zu, wenn es durch Abkühlen in Eis verwandelt, als wenn es bis zum Sieden erhitzet wird. Daher kommt es, daß Eis auf Wasser schwimmt, und daß Wasser beym Gefrieren die stärksten Gefäße, z. B. gußeiserne Wasserleitungsröhren, Bomben mit mehr als Zoll dicken Wänden sprengt; so wie die Gläser, in welchen Salze krystallisiren, auch häufig auseinander getrieben werden. Daher kömmt es, daß frisch geschöpfte Papierbögen, die während des Trocknens gefrieren, größer als diejenigen bleiben, welche trocknen ohne zu gefrieren. Diese Ausnahme ist nur scheinbar, indem die Ausdehnung nicht von der Entziehung des Wärmestoffes, sondern von der neuen Anordnung der Theile herkömmt, womit das Starrwerden dieser Substanzen begleitet ist; daher auch solche Körper, die beym Erstarren keine regelmäßige Gestalt annehmen, z. B. Unschlitt, Wachs, Quecksilber u. a. m. sich dabey beträchtlich zusammenziehen. Schwefel und Gußeisen dagegen dehnen sich beym Erstarren aus, weßwegen sie auch zu Abgüssen tauglich sind. — Die Verminderung des Volumens, welches einige andere Körper, z. B. der Thon, beym Erwärmen erleiden, ist der Verflüchtigung einiger Bestandtheile, z. B. des Wassers, oder der innigeren Verbindung der andern, also chemischen, nach §. 113

häufig mit Verdichtung verbundenen Veränderungen zuzuschreiben. Ist dieses ein Mahl geschehen, so folgen diese Körper wieder der allgemeinen Regel. — Die einzige gegründete und bisher unerklärte Ausnahme ist das Wasser, welches noch vor dem Festwerden die größte Dichte hat, und dessen Volumen durch weiteres Abkühlen bis zum Gefrierpuncte eben so viel zunimmt, als durch Erwärmen um gleich viel Grade über diesen Punct der größten Dichtigkeit. — Das Wasser erlangt seine größte Dichtigkeit nach Th. Young und Hope bey + $3^0,11$ R.; nach Lefevre Gineau bey + $3^0,2$ R., nach v. Tralles bey + $3^0,48$ R.; nach Brande bey + $3^0,55$ R.; nach Dalton, der jedoch die Ausdehnung des Glases seines Quecksilber-Thermometers nicht mit in Rechnung brachte, bey $4^0,7$ R. In Glas-Thermometern findet man den Punct der größten Dichtigkeit des Wassers bey + $4\,{}^4/_9{}^0$ R. Nach den neuesten äußerst sorgfältigen Untersuchungen von Hällström (in Gilb. A. 77, 168) erlangt das Wasser seine größte Dichtigkeit bey + $4^0,1$ C = $3^0,28$ R.; nach Stampfer's beynahe noch genaueren Versuchen aber bey + 3^0 R. (Jahrbücher des polyt. Inst. 16, 1). — In der folgenden Tafel von Stampfer findet man unter A die Raumtheile angegeben, auf welche 100000 Raumtheile Wasser im Zustande der größten Dichtigkeit (+ $3^0,75$ C) beym Erkalten oder Erwärmen auf die nebenstehenden Temperaturen nach der hunderttheiligen Scale ausgedehnt werden; unter B das sp. Gewicht des Wassers von der nebenstehenden T.

Temperatur.	A. Raumtheile.	B. Specif. Gewicht.	Temperatur.	A. Raumtheile.	B. Specif. Gewicht.
— 3	1,000373	0,999627	+ 19^0 C	1,001617	0,998386
— 2	1,000269	0,999731	20	1,001822	0,998180
— 1	1,000182	0,999818	21	1,002039	0,997965
0^0 C	1,000113	0,999887	22	1,002265	0,997740
+ 1	1,000061	0,999939	23	1,002502	0,997504
2	1,000025	0,999957	24	1,002749	0,997259
3	1,000005	0,999995	25	1,003005	0,997003
3,75	1,000000	1,000000	26	1,003271	0,996740
4	1,000001	0,999999	27	1,003545	0,996468
5	1,000012	0,999988	28	1,003828	0,996187
6	1,000038	0,999962	29	1,004119	0,995898
7	1,000079	0,999921	30	1,004418	0,995601
8	1,000135	0,999865	31	1,004725	0,995296
9	1,000205	0,999795	32	1,005041	0,994984
10	1,000289	0,999711	33	1,005363	0,994665
11	1,000387	0,999613	34	1,005694	0,994338
12	1,000497	0,999503	35	1,006032	0,994004
13	1,000620	0,999380	36	1,006375	0,993665
14	1,000757	0,999244	37	1,006725	0,993320
15	1,000906	0,999095	38	1,007081	0,992968
16	1,001066	0,998935	39	1,007444	0,992611
17	1,001239	0,998763	40	1,007813	0,992247
18	1,001422	0,998580			

Die folgende Tafel gibt nach La Place, Lavoisier, und nach einigen englischen Physikern die lineare Ausdehnung an, welche nachstehende starre Substanzen durch das Erwärmen bis zum Siedepunct des Wassers erleiden, wenn ihre Länge bey dem Schmelzpuncte des Eises gleich 100000000 gesetzt wird. Der nebenstehende gemeine Bruch druckt aus, wie viel die erlittene Ausdehnung von der ganzen Länge des Körpers beträgt.

Flintglas . . .	1,00081166 1/1232	Wismuth . . .	1,00139167 1/710
Krystallglas . .	1,00087199 1/1147	Gold	1,00146606 1/682
Glasröhre oh. Bley	1,00089694 1/1115	Kupfer, gehämmert	1,00171733 1/582
Massive Glasstange	1,00091900 :	Bronze, m. 0,1 Zinn	1,00181697 1/556
Spiegelglas . .	1,00089089 1/1122	Messing, gegossen	1,00187500 1/533
Weißes Glas . .	1,00086300	Tyrol. Tafelmessing	1,00190300
Marmor, schwarzer	1,00042600	Silber	1,00190974 1/524
„ weißer . .	1,00107200	Hartloth . . .	1,00205833 1/486
Platin (Dulong)	1,00098390 1/1001	(1 Zink 2 Kupfer)	
Palladium, n. Wollaston . . .	1,00100000 1/1000	Zinn	1,00217298 1/460
Antimon . .	1,00108335 1/923	Weichloth . . .	1,00250533 1/399
Ungehärteter Stahl	1,00107915 1/927	(1 Zinn 2 Bley)	
Gußeisen . . .	1,00111000 1/901	Bley	1,00284836 1/351
Schmiedeeisen .	1,00122045 1/819	Zink, gegossen .	1.00294267 1/340
Gehärteter Stahl, angelassen bey + 65°	1,00123956 1/807	Zink, geschmiedet	1,00310853 1/322
		Eis	1,02451200
		Tannenkohle . .	1,00100000
		Eichenkohle . .	1,00120000

Für die Ausdehnung der Flächen kann man das Doppelte und für jene des Körperinhalts das Dreyfache der linearen Ausdehnung annehmen: ist z. B. die lineare Ausdehnung des Stahles 0,00108, so wird die Ausdehnung der Oberfläche eines Stahlblechs 0,00216, und die ganze Volumsvermehrung eines soliden Stahlstücks 0,00324 betragen. — 100000 Raumtheile nachstehender eiskalter, tropfbarer Substanzen werden durch Erwärmen bis zum Siedepuncte des Wassers, nach Dalton, auf die nachstehende Zahl Raumtheile ausgedehnt:

Quecksilber n. La Place	1,01844 1/54,23	Salzsäure . . .	1,06000 1/17
» nach Cavendish	1,01772 1/56	Terpenthinöhl . .	1.07000 1/14
» nach Dalton .	1,02000 1/59	Aether	1,07000 1/14
Wasser	1,04660 1/21	Fette Oehle . .	1,08000 1/12,5
Gesätt. Kochsalzlauge	1,05000 1/20	Salpetersäure . .	1,10000 1/10
Schwefelsäure . .	1,06000 1/17	Alkohol	1,10000 1/10

Nach Placidus Heinrich, beträgt die kubische Ausdehnung für 80° R. des Eises 0,073536, des Wassers 0,043859; nach Dulong's und Petit's Versuchen beträgt die absolute Ausdehnung des Quecksilbers, dann die lineare des Eisens, Kupfers, Platins und Glases für 1° C:

Zwischen:	Quecksilber	Glas	Eisen	Kupfer	Platin.
0 und 100° C.	1/5550	1/116109	1/84600	1/58200	1/113190
0 und 200° C.	1/5425	1/108900	—	—	—
0 und 300° C.	1/5300	1/48700	1/68100	1/53109	1/108900

Nach Hällström dehnt sich das Quecksilber von 0 bis + 80° R. um 0,01818 aus, und beträgt die lineare Ausdehnung des von ihm untersuchten Glases für + 1° C., bey + 10° 0,000030, bey + 20° 0,000081, bey + 30° 0,000153, bey + 40° 0,000246, bey + 50° 0,000361, bey + 60° 0,000496, bey + 70° 0,000652, bey + 80° 0,000829, bey + 90° 0,001027, bey + 100° C. 0,001246.

Eiskaltes Töpfergeschirr vermehrt sein Volumen bey einer Erhizzung bis zum Siedepuncte des Wassers nur auf 1,00120, also um 1/800, und selbst diese geringe Ausdehnbarkeit läßt sich nach Wedgwood, noch um 2/3 vermindern, wenn man die Thonmasse durch Zusatz von Kohle poröser macht: dieß mag die Ursache seyn, warum die Passauer Graphit-Tiegel die größte Abwechslung von Temperaturen, ohne zu springen, aushalten. Nach Roy ist die Ausdehnung des Tannenholzes jener des Glases gleich; nach Rittenhouse beträgt die lineare Ausdehnung des Holzes in der Richtung der Fasern viel weniger als jene des Glases. — Obschon die Ausdehnung starrer Körper durch die Wärme so gering ist, daß man sie bey Versuchen im Kleinen nur mittelst Mikrometer wahrnimmt, so äußert sie ihre beynahe unwiderstehliche Kraft im Großen doch durch manche sehr auffallende Erscheinungen. So würden lange Strecken von eisernen Wasserleitungsröhren durch die Ausdehnung und Zusammenziehung, beym Wechsel der Temperatur, ohne Zweifel zerrissen werden, wenn sie nicht in gewissen Abständen unterbrochen wären, oder wenn ihrer Bewegung nicht durch angebrachte verschiebbare, so genannte Ausgleichungsröhren, der nothwendige Spielraum gelassen würde. Diese Vorsicht darf bey langen eisernen Dampfleitungen, wegen des bedeutenderen Temperaturwechsels um so weniger außer Acht gelassen werden. Aehnliche Vorrichtungen sind in unserm Klima für eiserne Brükken nothwendig. Daher das Krachen großer Oefen von Eisenblech beym Einheitzen und Abkühlen, der Dächer bey großer Hitze und strenger Kälte. Darauf beruhet die Nothwendigkeit des Zwischenraumes zwischen dem Kern- und Rauchschachte bey Hochöfen. Der in der Atmosphäre obwaltende Temperaturswechsel ist schon im Stande, die metallenen Pendelstangen so zu verlängern oder zu verkürzen, daß die Pendel langsamer oder geschwinder schwingen (§. 54), und wird dadurch zu einer Ursache des unrichtigen Ganges unserer Pendeluhren. Dieser Unvollkommenheit hat man durch Anwendung hölzerner Pendelstangen, wie auch dadurch abzuhelfen gesucht, daß man Pen-

del aus Substanzen von sehr verschiedener Ausdehnsamkeit so zusammensetzte, daß die Verlängerung des Pendels durch die eine Substanz durch jene der andern in entgegengesetzter Richtung wieder aufgehoben wurde: Rostförmige Pendel. Auf ähnliche Principien gründet sich die Nothwendigkeit und Einrichtung der Compensationen bey unsern Taschenuhren. — Da der Wst. die Körper ausdehnt, so wirkt er der Cohäsion entgegen, hat also diese zu überwinden (weßwegen Einige den Wst. mit der abstoßenden Kraft für identisch ansehen §. 316*): es ist daher begreiflich, warum sich die Ausdehnung durch W. in jenen Körpern, die eine geringere Cohäsionskraft besitzen, in einem höheren Grade äußert; also in elastisch-flüssigen am stärksten, und in tropfbaren mehr als in starren. Auch unter den Metallen dehnen sich die cohärentesten, Platin und Eisen, am wenigsten aus. Erman (Gilb. A. 55, 753) gibt zwischen der Ausdehnbarkeit der Körper durch Wärme und zwischen ihrem Aggregatzustande noch andere nicht uninteressante Beziehungen an. Einige, wie z. B. Wasser, dehnen sich beym Erstarren aus, besitzen im starren Zustande eine größere Ausdehnbarkeit durch Wärme, als im tropfbaren. Andere, wie z. B. die Rose'sche Metallmischung, ziehen sich beym Erstarren zusammen, dehnen sich im tropfbaren und starren Zustande gleich aus, haben die größte Dichtigkeit im starren Zustande. Noch andere, die sich beym Erstarren gleichfalls verdichten, wie z. B. der Phosphor, dehnen sich im starren Zustande weniger als im tropfbaren aus, und haben weder in einem, noch in dem andern Zustande einen Punct der größten Dichtigkeit. Erman hielt diese Thatsachen für eine Bestätigung der atomistischen Theorie, in welcher man annehmen muß, daß die Ausdehnung der Körper immer nach einer Potenz des Raumes zwischen zwey Atomen geschieht.

Thermometer.

291. Auf dem Erfahrungssatze, daß alle Körper durch die W. ausgedehnt werden, tropfbare und luftförmige aber mehr als starre, beruht die Einrichtung der Thermometer oder Wärmemesser. Das gewöhnliche Thermometer besteht aus einer engen, durch Calibriren überall gleich weit gefundenen, geraden Glasröhre, mit einer unten angeblasenen Kugel. Die Kugel sammt einem Theile des Röhrchens werden mit reinem Quecksilber gefüllt, und das Röhrchen wird dann oben zugeschmolzen. Erhitzt man nun das Quecksilber in der Kugel, so dehnt es sich aus, und da dieß in keiner andern Richtung möglich ist, muß es in der Röhre steigen. Durch Abkühlen zieht sich das Quecksilber in der Kugel zusammen, und

fällt also in dem Röhrchen. Die Röhre selbst wird in gleiche Theile eingetheilt, die man Grade nennet, und nach derer Zahl man das Steigen oder Fallen des Quecksilbers abmißt. Weil aber das Quecksilber in der Thermometerröhre bey gleicher Ausdehnung, daher auch bey gleicher Erwärmung um so mehr steigt, je größer der Inhalt der Kugel gegen den Durchmesser der Röhrchenbohrung ist; und da es sehr viele Schwierigkeiten macht, Thermometer zu blasen, derer Kugeln zu den Röhrchen genau dasselbe Verhältniß haben; so würden mehrere Thermometer, derer Grade dieselbe Länge hätten, selten correspondiren. Die Grade müssen also in Thermometern mit großen Kugeln und engen Röhren länger, mit weiten Röhren und kleinen Kugeln dagegen kürzer gemacht werden. Die verhältnißmäßige Länge der Grade könnte man aus dem bekannten Verhältnisse des Kugelinhaltes zu dem Durchmesser des Röhrchens leicht berechnen; allein das Messen beyder ist wieder sehr schwierig; daher bedient man sich folgenden einfachen Mittels, um zu bewirken, daß die Grade bey verschiedenen Thermometern übereinstimmen, d. h. gleichen Werth haben, und daß ein Instrument so wie das andere, unter gleichen Umständen, um die nähmliche Anzahl Grade steige oder falle. Man taucht das Thermometer, so weit es mit Quecksilber gefüllt ist, in zerfließenden Schnee oder in schmelzendes Eis: man wird finden, daß das Quecksilber jedes Mahl auf demselben Puncte stehen bleibt, den man als den Eispunct bezeichnet. Dann taucht man die Kugel in siedendes, reines Wasser, welches in einem metallenen Gefäße bey demselben Barometerstande auch immer eine gleiche Temperatur hat: den Punct, bis auf welchen das Quecksilber im siedenden Wasser steigt, bezeichnet man als den Siedepunct wieder. Den Raum zwischen diesen zwey fixen Puncten theilt man an jedem Instrumente in die nähmliche Anzahl gleicher Grade, und trägt diese Theile nach Belieben über den Siedepunct und unter den Eispunct auf. So verfertigt man correspondirende Thermometer. Der Raum zwischen den zwey fixen Thermometerpuncten, oder zwischen den Fundamentalpuncten, d. h. zwischen dem Schmelzpuncte des Eises und dem Siedepuncte des Wassers wird nicht überall in gleich viele Grade eingetheilt: auf der Verschiedenheit dieser Eintheilung beruht der Unterschied der Thermometerscalen, wovon vorzüglich drey im Gebrauche sind. Nach Reaumur's vorzüglich bey uns gebräuch-

gleich barometrisch. Das Luft-Thermometer nach Fig. 131 begegnet dieser Schwierigkeit und ist viel bequemer, allein wegen des veränderlichen Druckes der bald höheren bald niedrigeren Säule der Flüssigkeit in der Röhre a auch nicht ganz richtig. Das richtigste, allein nur in wenigen Fällen anwendbare Luft-Thermometer, ist Leslie's Differential-Thermometer (Fig. 132). In den zwey Kugeln a und b befindet sich Luft, in der beyde verbindenden Röhre eine gefärbte tropfbare Flüssigkeit. Wird die Kugel a mehr erwärmt als die Kugel b, so treibt die in der ersteren ausgedehnte Luft die Flüssigkeit in der Röhre gegen die letztere, und zwar um so weiter, je mehr die Erwärmung, folglich auch die Ausdehnung der Luft in der Kugel a jene in der Kugel b übertrifft. Dieses Instrument hat seinen Nahmen daher bekommen, weil es den Temperatur-Unterschied der in beyden Kugeln eingeschlossenen Luft anzeigt. Rumford's Thermoskop hat keine wesentlich verschiedene Einrichtung.

Einige verlangen, daß ein Quecksilber- und Weingeist-Thermometer ganz luftleer sey, welches man daran erkennet, wenn die Flüssigkeit beym Umkehren des Instrumentes die Röhre ganz ausfüllt. Obschon luftartige Körper sehr leicht, tropfbare hingegen äußerst schwer sich zusammen drücken lassen, und der Richtigkeit des Thermometers also, wie auch die Erfahrung lehrt, kein Eintrag geschehen kann, wenn über dem Quecksilber im oberen Theile der Röhre etwas Luft ist: so trennt sich doch die Quecksilbersäule in luftleeren Thermometern bey schnellem Temperaturswechsel nicht so leicht, als in lufthältigen; und da sich die Thermometer ohne viele Mühe luftleer machen lassen, so sollte man nie ermangeln, ihnen diese Vollkommenheit zu geben. Wenn Thermometer auch ganz luftleer sind, so verdampft doch sogleich ein sehr kleiner Theil der Flüssigkeit, womit sie gefüllt sind, und bildet in dem so genannten leeren Raume des Thermometers eine Atmosphäre von Quecksilber-, Weingeistdämpfen u. dgl. m., derer Dichtigkeit und Elasticität, folglich auch Druck, auf die tropfbare Flüssigkeit mit der T. steigt, und das Aufwallen der letzteren verhindert, wenn sie auch ziemlich weit über ihren Siedepunct erhitzt wird. Darauf gründet sich die Möglichkeit, Thermometer für Temperaturen zu gebrauchen, die den Siedepunct der thermometrischen Flüssigkeit übersteigen, wenn nur das Glas der Elasticität der gebildeten Dämpfe zu widerstehen vermag. Allein weil mit dem Steigen der T. ein immer größerer Theil der tropfbaren Flüssigkeit in Dampf verwandelt wird, und weil tropfbare Flüssigkeiten bey einem starken Drucke ihren Raum

doch etwas vermindern, weil ferner auch das Glas einem starken Drucke etwas nachgibt, weil endlich alle diese Umstände in Einem Sinne wirken, sich also wechselseitig nicht aufheben: so sind Angaben der Thermometer über Temperaturen, die den Siedepunct der thermometrischen Flüssigkeit erreichen oder gar bedeutend übersteigen, nicht mehr ganz zuverlässig. Nach Wildt (Kastner's Archiv 6, 299), entsprechen den Graden des Quecksilber-Thermometers nebenstehende Grade seines Weingeist-Thermometers.

Quecksilber.	Weingeist.	Quecksilber.	Weingeist.	Quecksilber.	Weingeist.
−45° R.	28,50° R.	0	0,00	+45° R.	40,38° R.
40	25,92	+5° R.	3,90° R.	50	45,60
35	23,19	10	7,96	55	50,97
20	20,32	15	12,14	60	56,48
25	17,30	20	16,48	65	62,14
30	14,13	25	20,97	70	67,95
15	10,82	30	25,60	75	70,90
10	7,36	35	30,38	80	80,00
5	3,75	40	35,31		

In den neueren Zeiten haben übereinstimmende Beobachtungen mehrerer ausgezeichneter Physiker außer Zweifel gesetzt, daß in luftleeren Quecksilber-Thermometern der Nullpunct nach und nach höher rückt, d. h. daß solche alte Thermometer, derer Nullpunct bey ihrer Verfertigung auch noch so genau bestimmt worden ist, nun in schmelzendem Eise etwas (manchmahl mehr als Einen Grad) über dem auf der Scale verzeichneten Nullpuncte stehen; daß die Aenderung des Nullpunctes gleich nach der Verfertigung am beträchtlichsten ist, und nach einigen Jahren zuzunehmen ganz aufhöret; daß lufthältige Quecksilber-Thermometer, so wie alle Weingeist-Thermometer von diesem Fehler frey sind, und daß der Nullpunct eines alten luftleeren Quecksilber-Thermometers auf seinen ursprünglichen Stand zurückfällt, wenn man durch das Abbrechen der obersten Spitze der atm. Luft den Zutritt eröffnet. Der Eispunct an Stampfer's Thermometer hatte sich in 3 Jahren um 0,12° R. gehoben (Jahrb. des polyt. Inst. 16, 1). Aus den angeführten Umständen folgt, daß das Gewicht der Atm. das elastische Glas der Kugel etwas zusammendrückt, indem in einem luftleeren Thermometer die Wirkung dieses Druckes nicht durch einen gleichen Gegendruck von Innen nach Außen aufgehoben wird. Aus derselben Ursache fällt ein Thermometer unter der Glocke der Luftpumpe während des Auspumpens der Luft um mehr als Einen Grad. Daher geben vorzüglich luftleere Thermometer die T. von Flüssigkeiten, in welche sie sehr tief eingesenkt werden, oder von comprimirten Gasarten etwas zu hoch an. Um dieser Aenderung durch den Luftdruck

weniger ausgesetzt zu seyn, sollen die Kugeln der Thermometer möglichst rund, und aus starkem Glase geblasen, der Nullpunct aber erst einige Zeit nach ihrer luftdichten Verschließung bestimmt werden (Kämtz, über die Veränderlichkeit des Nullpuncts in Thermomtern; in Schweigg. J. 40, 200). Bey sehr genauen Untersuchungen soll man sich immer vorher von der Richtigkeit der zwey fixen Puncte des anzuwendenden Thermometers überzeugen. Der gehobene Eispunct senkt sich gewöhnlich wieder auf den Normalstand, wenn der Siedepunct neuerdings bestimmt wird, wegen der dabey Statt findenden Ausdehnung des Glases theils durch die Wärme, theils durch die Elasticität der Quecksilberdämpfe. — Viel Vorsicht erfordert die Bestimmung des Siedepunctes: diese sollte nur bey einem bestimmten Barometerstande, z. B. beym mittleren Barometerstande an der Oberfläche des Meeres (28,896 W. Zoll) vorgenommen, oder durch Rechnung darauf reduciret werden; denn die in unserem Klima obwaltenden Veränderungen im Barometerstande können den Siedepunct des Wassers um 2 Grade verändern. Dann, weil das siedende Wasser in größeren Tiefen immer etwas heißer als auf der Oberfläche ist, muß bloß die Kugel des Thermometers in das Wasser tauchen, aber die Röhre muß so weit, als die Quecksilbersäule darin reichet, von den Dämpfen des Wassers, welche mit der Oberfläche des siedenden Wassers dieselbe Temperatur haben, umgeben seyn: durch Unterlassung dieser Vorsicht kann die Unrichtigkeit des Thermometers bey einer Anzeige von 240° auf 12° steigen. — Nebst der Unvollkommenheit, welche allen mit tropfbaren Flüssigkeiten gefüllten Thermometern, wegen der durch Wärme und Kälte zugleich immer erfolgenden Ausdehnung des enthaltenden Glases und der Erweiterung seiner Bohrung zur Last fällt, entspringt noch eine andere daraus, daß sich tropfbare Flüssigkeiten um so mehr ausdehnen, je höher sie schon erhitzt sind (§. 290). Zwischen dem Schmelzpuncte des Eises (ja selbst von 30° unter 0 angefangen) und dem Siedepuncte des Wassers ist die daraus entspringende Unrichtigkeit eines Quecksilber-Thermometers unbedeutend, weil die nur äußerst wenig vermehrte Ausdehnbarkeit des Quecksilbers durch die im entgegengesetzten Sinne wirkende Ausdehnung des Glases aufgehoben wird; allein bey höheren Temperaturen wird sie sehr merklich, wie folgende Tabelle zeigt, in welcher die vom Quecksilber-Thermometer angegebenen Grade der Centesimalscale, nach August's Correction, auf wahre Wärmegrade, d. h. auf solche, welche das Thermometer angeben würde, wenn die Ausdehnung des Quecksilbers mit der Temperatur genau im gleichen Verhältnisse stände, reducirt sind:

Quecksilber-Therm.	Wahre Wärmegrade.	Quecksilber-Therm.	Wahre Wärmegrade.	Quecksilber-Therm.	Wahre Wärmegrade.
+ 101° C.	100,977° C.	+ 170° C.	168,094° C.	+ 240° C.	235,527° C.
105	104,886	175	172,933	245	240,318
110	109,768	180	177,764	250	245,106
115	114,647	185	182,600	255	249,891
120	119,523	190	187,428	260	254,671
125	124,396	195	192,253	265	259,450
130	129,264	200	197,075	270	264,224
135	134,130	205	201,893	275	268,995
140	138,992	210	206,708	280	273,761
145	143,841	215	211,520	285	278,527
150	148,702	220	216,328	290	283,288
155	153,559	225	221,133	295	288,046
160	158,407	230	225,934	300	292,800
165	163,265	235	230,732		

Je weiter die Bohrung der Röhre ist, desto leichter wird zwar der Stand des Quecksilbers darin erkannt, desto fauler ist aber das Thermometer: um daher den ersten Vortheil mit einer großen Empfindlichkeit des Thermometers zu vereinigen, wendet man gegenwärtig häufig Glasröhrchen mit einer nicht runden, fadenförmigen, sondern mit einer etwas zusammengedrückten (im Querschnitte ovalen) bandförmigen Bohrung an. — Von der Ausdehnung des Glases überzeugt man sich durch das augenblickliche Sinken des Quecksilbers beym schnellen Tauchen eines Thermometers in heißes Wasser. — Das erste von Cornelius Drebbel, einem holländischen Bauer (nach Andern von Sanctorius oder von Galilei), um das Jahr 1630 erfundene Thermometer, war ein Luft-Thermometer. Newton verfertigte sich 1701 die ersten mit Leinöhl gefüllten correspondirenden Thermometer, indem er den Schmelzpunct des Eises und die Wärme seines Körpers als fixe Puncte annahm, und den Zwischenraum in 12 gleiche Theile theilte. Die ersten correspondirenden Quecksilber-Thermometer machte Fahrenheit um das Jahr 1714. — Ueber alle bey der Verfertigung und beym Gebrauche der Thermometer zu befolgenden Regeln: Luz Anweisung, Thermometer zu verfertigen. Nürnberg 1823. — Gehler's physikal. Wörterbuch, Artikel: Thermometer. — *Biot traité de physique. T. I. p.* 19—62. — F. Körner's Anleit. z. Verfert. übereinstimmender Thermometer und Barometer. Jena 1824. — Bessels Methode, die Thermometer mit nicht cylindrischer Bohrung zu berichtigen; in Gilb. A. 82, 287. — Egen, in Gilb. A. 89, 33. — Baumgartner's Supplementband S. 102.

Beym Gebrauche des Thermometers ist im Allgemeinen zu bemerken,

daß, wenn keine strahlende Wärme darauf wirkt, es immer nur die Temperatur des Körpers angibt, von dem es ganz und unmittelbar umgeben ist. Will man daher die Temperatur von Flüssigkeiten bestimmen, so muß nebst der Kugel, wo möglich auch die Röhre, so hoch das Quecksilber darin steht, eintauchen. Wenn das Thermometer zwischen den Winter- und Stubenfenstern hängt, so zeigt es weder die T. der freyen Atmosphäre, noch jene der Luft in der Stube, sondern jene zwischen den Fenstern an, die selten für jemanden Interesse haben wird. Beym Beobachten des Thermometers muß man vermeiden, daß sein Stand nicht durch die längere Nähe des menschlichen Körpers verändert werde. Auch muß zur Vermeidung der Parallaxe das Auge dem beobachteten Gradtheilstriche genau gegenüber gehalten werden, welches man daran erkennt, wenn dieser Theilstrich durch die Wände der Glasröhre gebrochen, nicht gekrümmt, sondern ganz gerade erscheint.

293. Um Grade von Hitze zu messen, die den Siedepunct des Quecksilbers übersteigen, fehlte es lange Zeit an einem Instrumente; so wie wir noch keines besitzen, welches die Wärmegrade von dem genannten Puncte bis zu jenem angibt, bey welchem die Körper am Tage deutlich glühend erscheinen. Von da an hat Wedgwood in der gleichförmigen und verhältnißmäßigen Zusammenziehung, welche der Thon erleidet, wenn er höheren Temperaturen ausgesetzt wird, ein Mittel zur Bestimmung der letzteren gefunden, und es sein Pyrometer geheißen. Diese Vorrichtung besteht aus zwey Haupttheilen: aus dem Maßstabe oder der Scale, und aus den Pyrometerstücken. Der Maßstab (Fig. 133) wird von zwey viereckigen, 12 englische Zoll langen Stäben aus Metall oder Thon gebildet, die auf einer flachen Platte von demselben Stoffe, convergirend so befestigt sind, daß sie am Anfange des Maßstabes a 0,5 Zoll, am Ende desselben b aber nur 0,3 Zoll von einander abstehen, und also einen immer enger werdenden Canal einschließen. Auf den Stäben sind beyderseits die Grade angemerkt, wovon 20 auf einen Zoll gehen, so daß der ganze Maßstab $12 \times 20 = 240$ Grade zählt. Der Bequemlichkeit wegen ist der ganze Maßstab (wie es Fig. 133 zeigt) in zwey Hälften zerschnitten. Die Pyrometerstücke werden aus einem äußerst sorgfältig gereinigten und gemischten, bey keinem bekannten Feuersgrade schmelzenden Thone gemacht, indem man ihn durch Oeffnungen im Boden eines cylindrischen Gefäßes preßt und die dadurch gebildeten langen Stäbchen in Stücke von beyläufig 0,5 Zoll Länge (Fig. 133) c zerschneidet. Diese werden im Marienbade bey

der Hitze des siedenden Wassers getrocknet, und dann jedes in den Maßstab probirt: diejenigen, welche ganz richtig sind, reichen mit dem vorderen, scharfkantigen Ende bis an 0 der Scale; läßt sich ein solches Thonstück tiefer hineinschieben, z. B. bis zum dritten oder vierten Grade, so wird die Zahl dieser Grade an der vorderen Fläche desselben angemerkt, um sie nach dem Gebrauche des Stücks von der angegebenen Zahl abziehen zu können; geht einer von den im Wasserbade getrockneten Thon-Cylindern nicht ganz bis auf 0, so wird die Anzahl Grade, um die er davon entfernt bleibt, an der hinteren, durch die abgestumpften Kanten kenntlichen Fläche aufzeichnet, um diese später den angegebenen Graden zuzählen zu können. Die so adjustirten Stücke werden, um ihnen mehr Festigkeit zu geben, in einem Ofen bey Rothglühhitze gebrannt, worauf sie sich insgesammt 5 bis 7 Grade weit in den Maßstab einschieben lassen. Will man nun eine hohe, über den Glühpunct reichende Temperatur mittelst dieses Pyrometers bestimmen, so legt man Ein oder zwey Pyrometerstücke genau an den Ort, dessen Hitzegrad man bestimmen will, bis sie die Temperatur dieses Ortes angenommen haben; dann nimmt man sie heraus, läßt sie erkalten, und schiebt sie in dem Maßstabe zwischen den Stäben so weit fort, als sie sich ohne Gewalt bringen lassen: der Grad, den sie nun mit ihrer vorderen scharfen Kante erreichen, druckt, nachdem man die vorn oder hinten angemerkte Zahl abgezogen oder hinzugezählt hat, den Grad der Hitze aus, der sie ausgesetzt waren. — Wedgwood schätzt seinen Nullpunct gleich $+1077°$ F. oder $+464°$ R., und jeden einzelnen Grad $= 130°$ F. oder $58°$ R. Das Ende seiner Scale mit $240°$ W. ist also gleich $32277°$ F. oder $14331°$ R.

Beschreibung und Gebrauch eines Thermometers, die höheren Grade der Hitze zu messen u. s. w. Von Josias Wedgwood, Mitgliede der k. Soc. d. Wissensch., und Töpfer J. M. der Küniginn. Aus dem Engl. London 1786. Von zwey Pyrometerstücken, die von Wedgwood dem Vater aus dem Jahre 1788 herrühren, und welche von dem Verfasser neben einander an derselben Stelle des Porzellanstarkbrennofens gestellt worden waren, zeigte das eine 150, das andere $160°$ W. Wegen der Schwierigkeit Thon zu finden oder zuzubereiten, der sich beym Erhitzen gleichförmig zusammenzieht, und der in dieser Hinsicht jeder Zeit genau von derselben Beschaffenheit ist (selbst der von Wedgwood später gebrauchte soll sich von dem Anfangs verwendeten merklich unterscheiden), schlägt Sivright vor,

statt des Thones den Agalmatholit, oder chinesischen Bildstein zu gebrauchen, der sehr unschmelzbar ist, und sich beträchtlich zusammenzieht. Daniell, welcher (*Edinbourg phil. Journal* 10, 397) die Bemerkung gemacht haben will, daß sich die Wedgwood'schen Pyrometerstücke durch eine lange anhaltende mäßige Erhitzung eben so viel zusammenziehen, als durch eine kurzdauernde stärkere Erhitzung, und der daher dem Wedgwood'schen Pyrometer alle Zuverlässigkeit abspricht, construirte sich ein Platinpyrameter; welches sich auf den Unterschied der Ausdehnung des Platins und der Graphittiegelmasse gründet. Es besteht aus einer 10,2 engl. Zoll langen und 0,14 Zoll im Durchschnitte messenden Platinstange, welche auf dem Boden eines engen cylindrischen Graphittiegels steht, am andern Ende sich in einen dünnen Platindraht verliert, mittelst des letzteren bey seiner Ausdehnung ein Räderwerk und einen daran befestigten Zeiger an einer in 360 Grade eingetheilten Scheibe in Bewegung setzet. Der Nullpunct der Daniell'schen Scale fällt mit jenem der Fahrenheit'schen zusammen und jeder ihrer Grade ist sieben Fahrenheit'schen Graden gleich. Der Siedepunct des Quecksilbers fällt auf den 92sten Grad der Daniell'schen Scale, der Schmelzpunct des Zinnes auf den 63sten, des Wismuths auf den 66sten, des Bleyes auf den 87sten, des Zinkes auf den 94sten, des Messings auf den 267sten, des Silbers auf den 319ten, des Kupfers auf den 364sten, des Goldes auf den 370sten, die bey Tage sichtbar werdende Rothglühhitze auf den 140sten Grad. Reducirt man diese Temperaturen auf Fahrenheit'sche Grade, so fallen sie beynahe durchgängig um die Hälfte niedriger aus, als die von Wedgwood bestimmten. — Auch Guyton Morveau, der schon früher (*Ann. de chim.* 74, 78, 90, 91) ein Platinpyrometer vorgeschlagen hatte, welches er für genauer, aber von einer nicht so allgemeinen Anwendung als das Wedgwood'sche Pyrometer hielt, fand, daß Wedgwood's Nullpunct nicht 1077° F., sondern 517° F., und daß jeder einzelne Grad nicht 130° F., sondern 62½° F. entspreche. — Nach dem angegegebenen Verhältnisse der verschiedenen Thermometer- und Pyrometer-Scalen lassen sich die Grade der einen durch einfache Regeldetri leicht in Grade jeder andern verwandeln. — Prinsep's Pyrometer für Weißglühhitzgrade beruht auf der Verschiedenheit des Schmelzpunctes reinen Silbers, reinen Goldes, reinen Platins und der Legirungen von Silber mit Gold, dann von Gold mit Platin in steigendem Verhältnisse. Der Nullpunct dieses Pyrometers wird durch den Schmelzpunct des reinen Silbers, der 10te Grad durch den Schmelzpunct des reinen Goldes, die Mittelgrade durch die Schmelzpuncte immer um 10 Percent Gold steigender Legirungen von Silber mit reinem Golde; der 110te oder höchste Grad durch den

Schmelzpunct des reinen Platins, die Mittelgrade zwischen 10 und 110 durch die immer um 1 Percent Platin steigenden Legirungen von 100 Gthln. Gold mit Platin gegeben. Setzt man granschwere, flachgeklopfte Plättchen dieser Legirungen in abgesonderten Tiegelchen der zu untersuchenden Hitze z. B. eines Glas-, Porzellan- oder Hochofens aus, so gibt die strengflüssigste Legirung, welche noch vollkommen zu einem Kügelchen geschmolzen ist, den Grad der Hitze auf der gegebenen Stelle an; und dieses darf mit einem Hammer nur etwas geplättet werden, um bey dem nächsten ähnlichen Versuche wieder die nähmlichen Dienst zu leisten (Scholz Chemie 1, 766).

294. Von den Metall-Thermometern empfiehlt sich vorzüglich Holzmann's Thermometer in Form einer Taschenuhr, welches sich auf die ungleiche Ausdehnbarkeit verschiedenartiger Metalle durch die W. (§. 290*) gründet. Dieses Instrument (Fig. 134 A) besteht aus dem Bogen ab ab ab, dessen äußere Peripherie aaa aus Platin oder Eisen, der innere Theil bbb aber aus Messing gemacht ist; er ist nur bey cc befestigt und an dem freyen Ende dd mit einem stählernen Haken dee versehen. Fgh ist ein ungleicharmiger, um den Befestigungspunct g beweglicher Hebel, der am kürzeren Arme unter i das massive Stahlstück k (wie es in der diesen Hebel im Profil vorstellenden Fig. 134 B zu sehen ist), und oben den mit 24 Zähnen versehenen Bogen lm trägt; dieser Bogen greift mit seinen Zähnen in das gleichfalls mit 26 Zähnen versehene Rad n ein, an dessen Achse gegen die vordere Fläche zu ein Zeiger befestigt ist (Fig. 134 C). Der Haken dee berührt mit seinem äußersten Ende genau das Stahlstück k (wie es Fig. 134 D nach weggenommener oberen Platte zeigt). — Da sich Messing durch Erhitzen mehr als noch Ein Mahl so stark wie Platin ausdehnt (§. 290), so muß sich der Bogen ab ab ab beym Erwärmen erweitern, und beym Abkühlen zusammenziehen: wird dieser Bogen erweitert, so drückt der Haken dee das Stahlstück k, und setzt dadurch den Hebel Fgh in Bewegung, welche an dem Ende des längeren Armes, also am Bogen lm schon viel merklicher wird; dieser Bogen theilt seine Bewegung dem Rade n, und dieses die seinige wieder dem an seiner verlängerten Achse befestigten Zeiger auf der andern Seite mit, der nun die Grade der Wärme an der nach was immer für eine Scale eingerichteten Zahlenreihe auf der äußersten Peripherie des Zifferblattes zeigt. Die nach der Richtung opq

gewundene Spiralfeder, die mit dem äußeren Ende an dem Biegel bey o, mit dem inneren an dem Rade n befestigt ist, dienet dazu, das Rad und den Bogen l m wieder zurück zu bewegen, wenn der große Bogen a b a b a b (die eigentliche thermometrische Substanz in diesem Instrumente) durch Abkühlen sich wieder verengt, damit das Stahlstück k dem Haken d e e bey seinem Zurückgehen folge, und mit dessen Ende immer in genauer Berührung bleibe.

Von der Uebereinstimmung eines solchen Thermometers mit einem guten Quecksilber-Thermometer innerhalb der fixen Puncte der Thermometerscale, hat sich der Verfasser durch eigene Versuche überzeugt. Holzmann hat seine Thermometer dadurch vereinfacht, daß er statt des Bogens a b einen horizontalen, aus Metallen von verschiedener Ausdehnsamkeit zusammengesetzten, spiralförmig gewundenen Metallstreifen anwendet, welcher mit dem einen Ende an dem unbeweglichen Gehäuse, mit dem andern Ende aber an der beweglichen Achse des Zeigers befestiget ist, und diesen bey seinem durch Erwärmen und Abkühlen bewirkten Aufwinden und Zusammenwinden in Bewegung setzet. Holzmann gibt seinen Thermometern auch eine solche Einrichtung, daß der Hauptzeiger bey seiner Bewegung nach Vorwärts einem andern leicht beweglichen Zeiger, und bey seiner Bewegung nach Rückwärts wieder einem andern mittheilet, die er dann bey Umkehrung seiner Bewegung stehen läßt, und dadurch die höchste und niedrigste T. anzeigt, welche in dem Zwischenraume zweyer Beobachtungen Statt gefunden hat (Maximum- und Minimum-Thermometer §. 291*). — Brequet's Metall-Thermometer besteht aus einem ähnlichen, senkrecht herabhängenden und unten mit einem horizontalen Zeiger versehenen Metallstreifen, welcher beym Erwärmen und Abkühlen sich auf- und zuwindet, dabey den horizontalen Zeiger dreht, und mittelst desselben die auf einem unter ihm liegenden Kreisbogen verzeichneten Grade angibt.

295. Derjenige Wst., mittelst dessen ein Körper auf das Gefühl, auf das Thermometer oder Pyrometer wirkt, welcher daher den Grad der Erwärmung oder die Temperatur (T.) dieses Körpers bestimmt, heißt freyer Wärmestoff, im Gegensatze des gebundenen, fixirten oder latenten Wst's., der durch seine innige oder chemische Verbindung mit den wägbaren Stoffen die Eigenschaft, auf das Gefühl und Thermometer zu wirken, verloren hat.

Bewegung das Wärmestoffes.

296. Der Wst. äußert das Bestreben, sich zwischen alle Körper so zu vertheilen, daß sie gleiche Temperatur zeigen. Die täg-

liche Erfahrung lehrt, daß wärmere, von kälteren umgebene Körper so lange Wst. an diese abgeben, bis sie mit ihnen eine gleiche Temperatur erlangt haben, und daß nur lebende Wesen als Selbstquellen der W. sich diesem Gesetze entziehen. Damit der Wst. das Bestreben, die Temperaturen ins Gleichgewicht zu setzen, befriedigen könne, muß er frey beweglich seyn: dieß ist er auch in einem höheren Grade, als alle übrigen Substanzen der Natur; denn wir kennen noch keinen Körper, der seine Bewegung und Ausbreitung ganz verhindern könnte. Diese Bewegung des Wsts. geschieht aber auf zwey von einander sehr verschiedene Arten. Da die Wärmestrahlen der Sonne die Lichtstrahlen begleiten (§§. 232, 246), so muß sich der Wst. mit der Geschwindigkeit des Lichtstoffes bewegen, und also auch in einer Secunde 40000 Meilen zurücklegen: auf diese Weise kann sich der Wst. nur im leeren Raume, in einigen sehr durchsichtigen Körpern, z. B. in der Luft u. dgl. m. bewegen, und heißt dann frey durchgehender oder strahlender Wärmestoff. Steckt man eine 20 Zoll lange Eisenstange mit dem einen Ende in geschmolzenes Bley, so fängt erst nach 4 Minuten das am entgegengesetzten Ende angebrachte Thermometer zu steigen an; folglich bewegt sich hier der Wst. in Einer Secunde nur 1/12 Zoll: den auf solche Art durch die meisten irdischen Körper mit ungemein verminderter Geschwindigkeit sich bewegenden Wst. heißt man geleiteten Wärmestoff, und die Körper, durch welche er sich auf diese Art bewegt, Wärmeleiter.

297. Die strahlende Wärme kömmt mit den Lichtstrahlen nebst der ungeheuren Schnelligkeit der Bewegung auch darin überein, daß sie durch einige Körper frey durchgeht, von andern absorbirt oder zurückgeworfen wird. Für die dunklen Wärmestrahlen sind bey weitem nicht so viele Substanzen durchgänglich wie für Lichtstrahlen: daher werden nur durchsichtige Körper von der Wärme durchstrahlt, aber mit verschiedenen Graden von Leichtigkeit, indem auf diesem Wege ein ungleiches Verhältniß von Wst. seine strahlende Eigenschaft verliert. Am besten strahlet die Wärme durch Gase. Ueber das Strahlen der W. durch tropfbar-flüssige durchsichtige Substanzen weiß man noch sehr wenig. Glas und andere starre durchsichtige Körper scheinen dem Durchgange der Wärmestrahlen große Hindernisse entgegenzusetzen; doch werden sie von der W. um so leichter durchstrahlt, je heißer die Quelle der Wärme ist: so gehen

die mit den Lichtstrahlen aus der Sonne kommenden Wärmestrahlen durch Glas fast ungehindert; von dem aus einem Kaminfeuer kommenden Wärmestrahlen werden bey diesem Durchgange viele von dem Glase in geleitete Wärme verwandelt, und das Glas dadurch erwärmt; von der dunklen Wärme, welche einem mit siedendem Wasser gefüllten Gefäße entstrahlet, geht durch Glas nur ein unmerklicher Theil, indem sie durch dasselbe beynahe ganz in geleitete Wärme umgewandelt wird. Wenn man den Versuch mit einer auf verschiedene Grade erhitzten eisernen Kugel anstellet, so gehen um so mehrere der von ihr kommenden Wärmestrahlen durch Glas, je mehr sich die T. der Kugel der Glühhitze nähert, je ähnlicher also die Wärmestrahlen in ihrer Natur den Lichtstrahlen werden. Wärmestrahlen, die schon Ein Mahl durch Glas gegangen sind, können dann ohne einen weiteren bedeutenden Verlust noch öfter dieses Mittel durchstrahlen. — Die Wärmestrahlen werden von den Mitteln, durch welche sie sich strahlend bewegen, auf dieselbe Weise und nach denselben Gesetzen gebrochen, von glänzenden Oberflächen zurückgeworfen, und auf beyde Arten polarisirt, wie die Lichtstrahlen; nur sind sie etwas weniger brechbar als diese (§. 240). Dieser Eigenschaft verdankt der Brennpunct der Linsengläser und Hohlspiegel seine Wirksamkeit und seinen Nahmen. — Diejenigen Substanzen, welche die Wärmestrahlen nicht durchlassen, absorbiren dieselben entweder, d. h. verwandeln sie in geleitete W., oder sie werfen sie zurück. Die Absorbtion oder die Einstrahlung der Wärmestrahlen, wodurch der absorbirende Körper seine eigene Temperatur erhöht, so wie die Zurückwerfung oder Reflexion derselben, wodurch die T. des reflectirenden Körpers nicht erhöhet wird, hängt nicht allein von der Natur, sondern auch von der Größe, und in sehr hohem Grade von der Beschaffenheit der Oberfläche der Körper ab: metallische Oberflächen reflectiren am besten und absorbiren am schlechtesten; Glas absorbirt schon viel besser und reflectirt schlechter; je rauher und je dunkler gefärbt die Oberfläche eines und desselben Körpers unter übrigens gleichen Umständen ist, desto mehr ist er die Wärmestrahlen zu absorbiren im Stande, desto mehr wird er folglich auch durch die strahlende W. erhitzt.

Aus dem letzten Umstande kann man sich erklären, warum ein Thermometer, dessen Kugel mit Lampenruß geschwärzt worden ist, besonders im Sonnenlichte, oder in einiger Entfernung von einem geheizten

Ofen frey hängend, höher steigt, als ein anderes gleiches Thermometer mit nicht geschwärzter Kugel. Franklin legte auf eine von der Sonne beschienene Schneefläche verschieden gefärbte Tuchlappen, und sah die schwarzen oder dunkel gefärbten am frühesten oder tiefsten, die weißen aber am wenigsten in den unter ihnen schmelzenden Schnee einsinken. Wedgwood bestrich übrigens ganz gleiche Kupferbleche auf der einen Fläche mit einem Cerat, der andern Fläche ließ er bey Einem Bleche die ganze Politur, bey einem andern rieb er sie matt, und bey den übrigen bestrich er sie mit verschiedenen Farben; dann kehrte er die glatte matte oder gefärbte Seite der Sonne zu, und sah das Cerat auf der Rückseite um so eher schmelzen, je rauher und dunkelgefärbter die der Sonne zugekehrte Seite des Bleches war. Daher werden Ofenschirme mit blanker, glänzender Metalloberfläche sehr wenig heiß; deßwegen sind schwarze Kleider im Sommer, vorzüglich in der Sonne, unausstehlich warm, deßwegen fängt man an in Gärten die so genannten Feigen- oder Pfirsichwände, Trillagen u. dgl. m. schwarz anzustreichen. Schwarze Ackererde, warmer Boden. Aus der strahlenden W. kann man erklären, wie ein Thermometer hinter einer sehr durchsichtigen Eisscheibe um mehrere Grade steigen kann, wenn man vor der Eisscheibe ein Strohfeuer lebhaft auflodern läßt. Pictet stellte zwey zinnerne Hohlspiegel (Fig. 135) von 9 Zoll Brennweite in 12,5 Fuß Entfernung einander so gegen über, daß ihre beyderseitigen Achsen eine gerade Linie bildeten: brachte er in den Brennpunct des einen Spiegels einen warmen, auch gar nicht leuchtenden Körper, z. B. einen Kolben mit heißem Wasser b, so fing das Luft-Thermometer a in dem Brennpuncte des zweyten Spiegels sogleich zu steigen an; dieses fiel im Gegentheile, wenn er in jenen Brennpunct einen kalten Körper, z. B. ein Stück Eis brachte. Diese Gesetze dürfen bey der zweckmäßigen Einrichtung von Caminen und Heitzöfen nicht unbeachtet bleiben: durch Anbringung parabolischer Nischen in Stubenöfen oder in der Mauer hinter denselben kann man einen großen Theil der W. in parallelen Strahlen auf jene Stellen des Zimmers werfen, wo man ihre Wirkung wünscht. Darauf gründet sich die Einrichtung der chemischen Reverberiröfen: die gewölbte Kuppel ist für die Wärmestrahlen das, was die Lampenspiegel für die Lichtstrahlen sind. Daher die unausstehliche Hitze in Thälern, die eine solche Lage haben, daß die Sonnenstrahlen mehrmahls von einer Berg- oder Felsenreihe zur andern reflectirt werden. Aus dem Gesagten wird man die Möglichkeit einsehen, mittelst einer aus klarem Eise geschliffenen Linse statt eines Brennglases, die Sonnenstrahlen in einen Brennpunct zu sammeln, und darin Schwamm, Schießpulver u. dgl. anzuzünden.

298. Körper, welche Wst. enthalten, strahlen Wst. aus: nun enthält jeder irdische Körper Wst.; folglich strahlt jeder Körper Wst.

aus. Je wärmer ein Körper ist, desto mehr strahlet er in derselben Zeit W. aus, und je kälter derselbe Körper ist, desto weniger strahlet er aus. Nach Newton sollte die Menge des in gleichen Zeiten ausgestrahlten Wsts. mit der T. des ausstrahlenden Körpers in geradem Verhältnisse zu- und abnehmen; spätere Erfahrungen haben gelehrt, daß dieses Gesetz sich nur bey sehr geringen Temperatursunterschieden richtig zeigt, und daß die Schnelligkeit des Ausstrahlens in einem viel größeren Verhältnisse, als in jenem der Temperaturen zunimmt. Stellet man sich in einem geschlossenen Raume mehrere nicht in Berührung stehende Körper von verschiedener T. vor, so wird jeder derselben durch Ausstrahlen W. abgeben, und jeder wird etwas von der W., welche die übrigen Körper ausstrahlen, bekommen; da aber die wärmeren Körper mehr ausstrahlen als die kälteren, jene folglich auch mehr verlieren und weniger bekommen, diese hingegen mehr W. absorbiren als ausstrahlen: so muß die T. der ersteren abnehmen, und die der letzteren steigen; es müssen also die Temperaturen immer mehr gleich werden, obschon die völlige Gleichheit auf diesem Wege erst nach einer unendlichen Zeit eintreten könnte. Haben die Körper eine gleiche T., so verliert jeder Körper so viel W. durch Ausstrahlen, als er durch Absorbtion der von seinen Nachbarn ausgestrahlten W. gewinnt, es kann also die Gleichheit der T. nicht gestört werden. Prevost heißt dieses das bewegliche Gleichgewicht der Temperaturen.

Die T. eines heißen Körpers würde in einem unbegränzten leeren Raume in einem geometrischen Verhältnisse abnehmen, wenn die Zeit in einem arithmetischen Verhältnisse zunimmt. In einem begränzten leeren Raume wird dieses Gesetz durch die Zurückstrahlung von den festen Gränzen modificirt. (Dulong und Petit in *ann. de chim. et phys.* 7). Die der Absorbtion des strahlenden Wst's. günstige Beschaffenheit der Oberflächen befördert auch das Ausstrahlen desselben; daher das Abkühlen wie das Erwärmen der Körper nicht allein von der Größe, sondern auch von dieser Beschaffenheit der Oberflächen abhängt. Ein Thermometer mit geschwärzter Kugel wird, an einen kalten Ort gebracht, schneller sinken, als ein Thermometer mit ungeschwärzter Kugel, und noch schneller als ein Thermometer, dessen Kugel mit einem blanken Silberblättchen überzogen worden ist; in einer polirten silbernen Kanne bleibt Wasser am längsten heiß; schneller erkaltet es, wenn die äußere Oberfläche derselben Kanne mattgeschliffen, und am schnellsten, wenn diese mit Lampenruß geschwärzt worden ist; in ei-

nem kugelförmigen Gefäße bleibt, alles Uebrige gleich gesetzt, Wasser am längsten heiß, weil eine Kugel mit der kleinsten Oberfläche die größte Masse einschließt. Die Abhängigkeit des Wärmeausstrahlungsvermögens von der Beschaffenheit der Oberfläche bewies Leslie durch folgenden Versuch: Er füllte einen hohlen Würfel aus Weißblech, und von einigen Zoll Seite, dessen Eine Fläche blank gelassen, dessen zweyte mattgeschliffen, dessen dritte mit einem Goldschlägerhäutchen überzogen, und dessen vierte Seite über einer Lampe angeschwärzt war, mit heißem Wasser, und stellte diesem Würfel in einiger Entfernung die eine Kugel seines Differentialthermometers (§. 292) gegen über, indem er zugleich die andere Kugel durch einen Schirm vor jedem Einfluße der aus dem Würfel strahlenden W. sicherte. Drehte er nun den Würfel so, daß derselbe nach und nach jede der oben beschriebenen vier Seiten dem Thermoskope zuwendete: so zeigte dieses bey dem Zuwenden der blanken Seite die geringste Erwärmung, mehr bey dem Zuwenden der matten, noch mehr bey dem Zuwenden der mit Goldschlägerhäutchen überzogenen, und am meisten Erwärmung bey dem Zuwenden der geschwärzten Seite. In zwey Gefäße von gleichem Inhalte und gleicher Form aus Weißblech, wovon das eine an der äußeren Oberfläche blank, das andere mit Lampenruß überzogen war, und welche beyde in einem Zimmer von + 9° R. standen, wurde aus demselben Dampfkessel durch gleichweite und lange Röhren Dampf von etwas über + 81° R. geleitet: nach 72 Minuten hatte sich in dem blanken Gefäße 5,7, in dem geschwärzten 10,2 Kubik-Zoll Wasser condensirt. Alle diese Phänomene werden noch auffallender, wenn man die ausgestrahlte W. durch Hohlspiegel auf eine Thermometerkugel im Brennpuncte concentrirt. Ein Thermometer sinkt bedeutend in dem Brennpuncte eines Hohlspiegels, den man in einer heiteren Nacht von allen irdischen Gegenständen ab, und dem Himmelsraume zukehrt. Daher sind Stubenöfen aus unglasurtem Töpferzeuge besser, als aus glasurtem. Daher halten Schirme von Goldpapier die W. sehr gut ab, wenn die Goldseite dem W. ausstrahlenden Körper, z. B. dem Ofen, zugewendet wird. Daher sind fast kugelförmige Theekannen mit glänzenden Oberflächen die besten. Das Wärmestrahlungsvermögen der Flächen steht mit ihrem Wärmezurückwerfungsvermögen so ziemlich im umgekehrten Verhältnisse. Die ausführlichste mathematische Theorie über die strahlende Wärme haben Poisson (*Ann. de chim. et phys.* 26, 225), und Fourier (a. a. O. 4, 6, 259, dann 27, 235; in Gilb. A. 78, 359) geliefert. Die folgende Tabelle von Leslie gibt das relative Wärmestrahlungs- und Wärmezurückwerfungsvermögen verschiedener Substanzen:

Wärmestrahlungsvermögen:		Wärmezurückwerfungsvermögen:	
Lampenruß	100	Messing und Bronze	100
Wasser	100	Silber	90
Schreibpapier	98	Staniol	80
Glas	90	Stahl	70
Tusch (chinesischer)	88	Bley	60
Eis	85	Zinnamalgam	10
Angelaufenes Bley	45	Glas	10
Quecksilber	20	Geöhltes Glas	5
Glänzendes Bley	19		
Polirtes Eisen	15		
Zinn, Silber, Kupfer, Gold	12		

Well's fand das Strahlungsvermögen der Schwan-Pflaumfedern und des Schnees sehr groß.

299. Sehr verschieden von der Bewegung des strahlenden Wst's. ist jene, wodurch er sich in der größeren Masse desselben Körpers, oder zwischen mehrere sich unmittelbar berührende Körper bis zur völligen Gleichheit der T. vertheilt. Wie er in jenem Zustande, gleich den leuchtenden Strahlen seiner unbeschränkten Expansivkraft folgend, ohne die T. des durchstrahlten Mittels zu erheben, sich mit ungeheurer Geschwindigkeit bewegt: so verwendet er in dem letzeren Falle, von den wägbaren Stoffen, durch welche er sich bewegt, angezogen, einen Theil seiner Expansivkraft zur Ueberwindung der Cohäsion derselben, dehnt sie aus, erhebt ihre Temperatur, verliert aber in demselben Maße an seiner Geschwindigkeit, oder wird zu geleitetem Wärmestoffe. Da kein Körper, die Uebergangs-Periode in einen andern Aggregat-Zustand ausgenommen, die Expansivkraft des Wst's. ganz zu überwinden im Stande ist; so kann auch keiner die Bewegung des Wst's. ganz aufheben: alle Körper leiten also den Wst., oder alle Körper sind Wärmeleiter bis zum Uebergange in eine andere Aggregat-Form. Das Wärmeleitungsvermögen besitzen aber die Körper in einem sehr ungleichen Grade; oder der Wst. bewegt sich durch die verschiedenartigen Substanzen mit sehr ungleichen Graden von Geschwindigkeit. Die Körper sind also entweder gute Wärmeleiter, durch die sich der Wst. verhältnißmäßig schnell bewegt, oder schlechte Wärmeleiter, durch die er sich langsamer bewegt, in den mannigfaltigsten Abstufungen. Die Beschaffenheit der Oberfläche eines Körpers hat auf sein Wärmeleitungsvermögen keinen Einfluß.

Gleichwie vollkommen durchsichtige Mittel von den durch sie fahrenden Lichtstrahlen nicht erleuchtet werden, eben so werden sie von den

durch sie frey hindurchgehenden Wärmestrahlen nicht erwärmt. Auch von der E. werden Leiter nicht erwärmt, durch welche sie sich ohne alles Hinderniß und ohne alle Hemmung beweget (§. 181).

300. Sowohl die tropfbar- als elastisch-flüssigen Körper besitzen nebst der leitenden Kraft noch eine andere, die Mittheilung des Wsts. sehr befördernde Eigenschaft. Da nähmlich die Theile flüssiger Körper unter einander frey beweglich sind; so steigen, wenn die Wärme von unten angebracht wird, die erwärmten, dadurch ausgedehnten und leichter gemachten unteren Theile der Flüssigkeit in die Höhe, ihr Platz wird von andern noch nicht erwärmten Theilen besetzt, die aber bald den erstern folgen, wodurch eine Art von Kreislauf entsteht. Die Eigenschaft flüssiger Körper, den Wst. auf diese Art unter sich zu vertheilen, heißt man ihre fortführende Kraft für den Wst., die durch Alles geschwächt wird, wodurch sich die Flüssigkeit der Substanz vermindert; z. B. wenn in Wasser etwas gekochte Stärke vertheilt, oder wenn Luft in den Poren lockerer Substanzen verdichtet gehalten wird (§. 112).

Von dem wirklichen Stattfinden der beschriebenen Bewegung kann man sich augenscheinlich überzeugen, wenn man Wasser mit etwas grobem Bernsteinpulver in einem hohen Glascylinder von unten erhitzt: das Bernsteinpulver, durch welches die Strömung des Wassers nur sichtbar gemacht wird, steigt in der Mitte des Gefäßes mit dem warmen Strome vom Boden in die Höhe, und von da wieder mit dem kalten Strome an den abkühlenden Seitenwänden herab. Rumford sprach den Flüssigkeiten das eigentliche leitende Vermögen ganz ab, und gestand ihnen bloß die fortführende Eigenschaft zu. Th. Thomson widerlegte diese Behauptung dadurch, das er Wasser durch darauf gegossenes heißes Oehl von oben nach unten erwärmte. Obschon also das fortführende Vermögen bey weitem wirksamer ist, so kann man Flüssigkeiten doch auch das Leitungsvermögen im strengern Sinne nicht absprechen. — Wie bey den tropfbaren, so überwiegt auch bey den gasförmigen Körpern die fortführende Fähigkeit bey weitem die eigentlich leitende: die dadurch hervorgebrachten Strömungen bemerken wir an der Bewegung der Staubtheilchen (Sonnenstäubchen) über den von der Sonne beschienenen und dadurch erwärmten Stellen eines Stubenbodens; an der Bewegung der aus Papier geschnittenen Schlangen auf geheitzten Oefen; an dem entgegengesetzten Luftzuge in einer Thüre zwischen einem warmen und kalten Gemache, wovon der obere die warme Luft in das kalte Zimmer, der untere die kalte Luft in das warme Zimmer führt; an der zitternden Bewegung der Luft und an den Verzerrungen der dadurch gesehenen Gegenstände (§. 274) über stark ge-

heitzten Oefen, z. B. über Kalköfen; daher heitzen sich niedere Zimmer bey gleichem Rauminhalte leichter, als hohe; daher ist es in sehr vollen Theatern auf den obersten Gallerien am heißesten; daher werden Körper durch bewegte heiße oder kalte Luft schnell erwärmet oder abgekühlt, da sie hingegen mit eingeschlossener, oder sonst in der Bewegung gehinderter Luft, ihre T. nur sehr langsam ins Gleichgewicht sezzen; daher sind heiße und kalte Winde so äußerst unangenehm. Dieser Eigenschaft der atm. Luft verdanken wir den Zug in unsern Oefen und Schornsteinen, die Erneuerung der Luft in unsern Wohnungen; ihr sind die Winde zuzuschreiben, u. dgl. m.

301. Unter den starren Körpern sind die Metalle die besten Leiter, und folgen, nach Ingenhouß's Versuchen, in dieser Eigenschaft abnehmend so auf einander: Silber, Gold, Kupfer, Zinn, dann (schon weit nachstehend) Platin, Eisen, Stahl, Bley. Auf die Metalle folgen die Steine, besonders die harten, z. B. der Diamant, Topas; Glas, Porzellan (die wegen der aus der unvollkommenen Leitung folgenden ungleichen Ausdehnung und Zusammenziehung beym schnellen Temperaturswechsel so leicht springen), gebrannte Erde, Töpfergeschirr, Ziegelsteine, dann die verschiedenen Holzarten. Holzkohle ist schon ein sehr schlechter Leiter; Federn, Seide, Wolle, Haare sind noch schlechtere Leiter, weßwegen sie auch vorzüglich geschickt zu Winterkleidungsstücken sind, in welchem Falle sie jedoch nicht warm machen, sondern nur warm halten, d. h. das Entweichen der vom Körper durch den Lebensprozeß erzeugten W. verzögern. Die Leitungskraft der daraus verfertigten Stoffe steht nach des Gr. Rumford Versuchen mit der Feinheit des Gewebes im umgekehrten Verhältnisse. — Unter den tropfbaren Substanzen leitet Quecksilber am besten. Auch Oehle, Alkohol und Salzlaugen leiten besser als Wasser. Der schlechteste Leiter ist nicht bewegte Luft. Die schlechte Leitungskraft vieler der genannten Substanzen, und ihr davon abhängendes warmhaltendes Vermögen ist der in ihren Zwischenräumen eingeschlossenen, und durch Adhäsion in ihrer Bewegung gehinderten Luft zuzuschreiben.

Nach Despretz's Versuchen (Gilb. A. 88, 281) ist, wenn das Wärmeleitungsvermögen des Goldes = 1000 gesetzt wird, jenes des Silbers 973, des Kupfers 898, des Platins 381, des Eisens 374, des Zinkes 363, des Zinnes 304, des Bleyes 180, des Marmors 24, des Porzellans 12, gebrannter Ziegelsteine 11,4. Die Beschreibung von Fourier's Contactthermometer zur Bestimmung des relativen Leitungsvermögens dünner Körper, z. B. Häute, Gewebe u. dgl. m.

findet man in *Ann. de chim. et phys.* 37, 291, und in Gilb. A. 89, 327. — Nach A. Delarive's und Decandolle's Versuchen (Gilb. A. 90, 590) sind die Holzarten in der auf ihre Fasern senkrechten Richtung weit schlechtere Wärmeleiter, als in der mit den Fasern parallelen Richtung; harte und schwere Holzarten sind bessere Wärmeleiter als weiche und leichte. Die untersuchten Holzarten folgen in ihrem Leitungsvermögen abnehmend in nachstehender Ordnung: Weißdorn (Crataegus Aria), Nußbaum-, Eichen-, Tannen-, Pappelholz und Kork. Unter den Gasen ist, nach Delarive und Marcet, das Hydrogen der beste Wärmeleiter, dann folgen abnehmend atmosphärische Luft, Oxygen, Kohlensäure, Hydrogenpercarbonid und Stickstoffprotoxyd.

302. Da sich der Wst. von einem Körper zum andern nicht bloß strahlend bewegt, sondern auch geleitet wird; so muß das Insgleichgewichtsetzen der Temperaturen auch von der Leitungskraft, sowohl des wärmeren, d. h. Wst. abgebenden, dann des kälteren, Wst. empfangenden, als auch von der Leitungskraft des Mediums oder Zwischenkörpers abhängig seyn. Ein Stück heißes Eisen wird, in kaltes Quecksilber getaucht, früher mit diesem in gleiche Temperatur kommen, als in eben so kaltem Oehle. Darum erwärmen eiserne Oefen ein Zimmer geschwinder als thönerne; allein diese geben nach dem Erlöschen des Feuers noch immer langsam W. ab, wenn jene schon lange erkaltet sind, halten also das Zimmer länger warm. Das Erwärmen und Abkühlen der Körper in der Luft geschieht theils durch Ein- und Ausstrahlen des Wst's, theils durch Zu- und Fortführen desselben von der berührenden Luft. Ein in der Luft abkühlender von sehr gut strahlenden Flächen eingeschlossener Körper verliert, nach Dalton, durch Ausstrahlen wahrscheinlich nicht mehr als 0,4, und durch Fortführen mittelst der Luft nicht weniger als 0,6 seines Wärmeüberschußes.

Kraft ihres specifischen Strahlungs- und Leitungsvermögens werden Körper zu gewissen Anwendungen vorzüglich geschickt oder untauglich: papierene, vorzüglich an beyden Seiten des Rahmens mit Gold- oder Silberpapier überzogene, also einen Zwischenraum mit ruhiger Luft einschließende Ofenschirme sind bey weitem zweckmäßiger, als gläserne oder metallene, wenn letztere nicht auf beyden Seiten sehr glatt, blank und glänzend sind: für Eisgruben taugen hölzerne Wände und Strohdächer besser als Steinmauern mit Ziegel- oder Kupferbedachung; Strohdächer halten im Sommer kühler, und im Winter

wärmer als Schindel-, Ziegel- oder Metalldächer; Winterfenster leisten ihre Dienste vorzüglich durch die Schichte eingeschlossener Luft. Weiche Fußböden sind im Winter wärmer, als harte Parqueten. Aus derselben Ursache halten zwey Hemden oder zwey Paar Strümpfe über einander angezogen wärmer, als Ein Hemd oder Ein Paar Strümpfe von der doppelten Dicke. Chemische Oefen von ungebranntem Thone sind besser als metallene, weil es bey ihnen darauf ankommt, die Hitze im Ofen beysammen zu halten, und nicht, wie bey Stubenöfen, sie nach Außen zu verbreiten. Eine Decke von Schnee schützt, als ein schlechter Wärmeleiter, die junge Saat vor dem nachtheiligen Einwirken der Winterkälte. Daraus kann man auch erklären, warum man eine Glasmasse unter Wasser ohne Schaden berühren kann, wenn sie auch im Innern noch roth glüht; warum man Siegellak, Glas u. dgl. schlechte Leiter, keineswegs aber Bley oder andere Metalle, sehr nahe am schmelzenden Ende halten kann. Ist ein Pelz oder ein Wildschur wärmer? u. dgl. m.

Specifischer Wärmestoff.

303. Wenn man gleiche Mengen von einer heißeren und kälteren Flüssigkeit derselben Art zusammengießt; so wird das Ganze dann, dem eben angegebenen Gesetze der Ausgleichung der Temperaturen zu Folge, die mittlere Temperatur der beyden Portionen haben: 1 Pf. Wasser von $+60^\circ$ R. und 1 Pf. Wasser von $+20^\circ$ R. werden zusammen gegossen 2 Pf. Wasser von $+40^\circ$ R. geben: das heiße Wasser verliert 20°, und das kältere wird dadurch um 20° wärmer. Macht man aber den Versuch mit verschiedenartigen Körpern, z. B. mit Wasser und Quecksilber, so ist der Erfolg ganz anders; wird 1 Pf. Wasser von $+34^\circ$ R. mit 1 Pf. Quecksilber von 0° R. geschüttelt, so sollten nach der Rechnung Wasser und Quecksilber zusammen die mittlere Temperatur $+17^\circ$ R. haben; im Versuche zeigt sich aber diese T. $= +33$ R°.; Quecksilber von $+34^\circ$ R. zeigt dagegen nach der Mengung mit einem gleichen Gewichte Wassers von 0° die gemeinschaftliche Temperatur von $+1^\circ$ R. Im ersten Falle hat das Wasser nur 1° Wärmestoff abgegeben, und dadurch die T. des Quecksilbers um 33° erhöht; im zweyten Falle hat das Quecksilber durch eine Abgabe von 33° W. die Temperatur des Wassers nur um 1° gesteigert. Dieselbe Menge Wst., welche die Temperatur des Wassers um 1° erhebt, muß folglich die Temperatur eines gleichen Gewichts Quecksilber um 33° zu erheben im

Stande seyn. Demnach gehört 33 Mahl mehr Wst. dazu, um die Temperatur des Wassers, als um jene des Quecksilbers, bey gleichen Gewichten, um die nähmliche Zahl Grade steigen zu machen. Setzet man die Versuche mit verschiedenen Körpern fort, so wird man kaum zwey finden, von denen bey der Vermengung gleicher Quantitäten der eine so viel Wärmegrade gewinnt als der andere verliert. Jeder Körper bedarf also auch bey gleichem Gewichte eine andere Menge Wst., um seine Temperatur auf einen gewissen Grad zu bringen, oder die verschiedenen Körper besitzen eben so gegen den Wst. wie gegen jeden andern dritten wägbaren Körper eine verschiedene Sättigungs-Capacität (§. 136). Die Menge Wst. nun, die ein Körper im Vergleiche mit dem gleichen Gewichte der übrigen bedarf, um eine gewisse Temperaturs-Erhöhung zu erlangen, nennet man seinen specifischen Wärmestoff, und die Eigenschaft des Körpers für den genannten Zweck einer größeren oder geringeren Menge Wst's. zu bedürfen, seine Capacität für den Wärmestoff oder seine Wärme-Capacität. Nach obigen Versuchen hat also das Wasser 33 Mahl so viel specifischen Wst. als das Quecksilber, oder die Wärme-Capacität des ersteren verhält sich zu der des letzteren wie 33 : 1.

Die Substanzen, welche man nach dieser Art auf ihre Wärme-Capacität untersucht, dürfen nicht chemisch auf einander wirken, wie z. B. Schwefelsäure oder Alkohol mit Wasser, u. dgl. m. Die Menge von Wärmestoff, die, statt gleicher Gewichte, gleiche Ausdehnungen oder Räume verschiedener Körper bedürfen, um dieselbe Temperaturs-Erhöhung zu erlangen, heißt relativer Wärmestoff. Man findet diesen, wenn man die Zahl, welche den specifischen Wärmestoff ausdruckt, mit dem specifischen Gewichte jedes betreffenden Körpers multiplicirt.

304. La Place und Lavoisier untersuchten die Körper in Hinsicht ihrer Wärme-Capacität noch auf eine andere Art. Die Menge von Eis, welche durch Wst. geschmolzen wird, steht mit der Quantität des letzteren im geraden Verhältnisse. Wenn man gleiche Quantitäten verschiedener Körper von derselben Temperatur mit Eis unter solchen Umständen in Berührung bringt, daß letzteres nur von diesen Körpern Wst. erhalten, und also nur durch diesen schmelzen kann: so wird man finden, daß verschiedene Körper auch sehr ungleiche Mengen von Eis schmelzen werden, daß sie folg-

lich, um von der gemeinschaftlichen Temperatur auf den Eispunct abzukühlen, verschiedene Quantitäten von Wst. abgeben, und daher auch besessen haben, daß also verschiedene Mengen Wst. erforderlich waren, um die Temperatur ungleichartiger Körper um dieselbe Anzahl Grade zu erheben: kurz, daß die Körper verschiedenen specifischen Wst. oder eine ungleiche Wärme-Capacität besitzen. Die Mengen des geschmolzenen Eises kann man durch Wägen des abgeflossenen, gebildeten Wassers genau bestimmen. Die Vorrichtung, worin diese Versuche am genauesten und bequemsten angestellt werden können, und welche eigentlich in einem ganz mit Eis umgebenen, unten mit einem Hahne versehenen Gefäße besteht, heißt Laplace's Calorimeter. Rumford's Calorimeter eignet sich vorzüglich zur Untersuchung der sp. Wärme von Gasen: es besteht aus einem mit Wasser gefüllten Gefäße aus Kupferblech, durch welches in Schlangenröhren die zu untersuchenden Gase geleitet werden: die Temperaturs-Differenz der Gase bey ihrem Eintritte und Austritte zeigt an, wie viele Grade Wärme sie an das Wasser abgegeben haben, und die Temperaturs-Erhöhung des Wassers im Calorimeter, welches immer beträchtlich kühler seyn muß, ist die durch diese Wärme hervorgebrachte Wirkung, welche also mit der Wärme-Capacität der untersuchten Gase im geraden Verhältnisse stehet. Dabey sind aber sehr viele Vorsichten zu beobachten, wovon eine der vorzüglichsten darin bestehet, daß die Temperatur des Calorimeters beym Anfange des Versuchs eben so viele Grade unter der Temperatur der umgebenden Luft stehe, als sie nach Endigung des Versuches über derselben stehet.

Auch beym Gebrauche des Laplace'schen Calorimeters muß man, um gleichbleibende Resultate zu erhalten, sehr viele Vorsichten beobachten: der Umstand, daß man nie überzeugt seyn kann, ob nicht ein Theil des geschmolzenen Eises neuerdings gefroren, oder von dem noch ungeschmolzenen aufgesaugt worden sey, macht die Aussagen dieses sonst sehr vortrefflichen Instrumentes etwas unzuverläßig. — J. T. Mayer, Dalton, Leslie, Despretz, La Roche und Berard, Desormes und Clement, Dulong und Petit bestimmten den sp. Wst. der Körper nach den Zeiten ihres Abkühlens um gleich viel Grade unter gleichen Bedingungen. Die letzteren stellten ihre Versuche im luftleeren Raume an; und sind dadurch auf das schon früher von Meineke ausgesprochene Resultat geführt worden, daß der sp. Wst. der Körper mit ihren stöchiometrischen Zahlen im umge-

kehrten Verhältnisse stehe, d. h. daß man dieselben Producte erhält, wenn man die stöchiometrischen Zahlen verschiedener Stoffe mit den ihre Wärme-Capacität bezeichnenden Zahlen multiplicirt. Haycraft fand in seinen mittelst eines modificirten Rumford'schen Calorimeters angestellten Versuchen, daß die sp. Wärme aller untersuchten Lüfte sich verkehrt wie ihre sp. Gewichte bey einerley Drucke verhalte, oder daß gleiche Volumen der verschiedensten Lüfte unter einerley Drucke eine gleich sp. Wärme besitzen, oder daß die relative Wärme aller Lüfte gleich ist, und daß die sp. Wärme derselben durch Beymischung von Wasser- oder andern Dämpfen verändert wird. Dieses Resultat, welches Gay Lussac höchstens für die einfachen Lüfte annähernd richtig hält, wurde durch die Versuche von Delarive und Marcet bestätiget. Einige halten die Wärme-Capacität der Körper für eine Folge ihrer verschiedenen Verwandtschaft zum Wst., und daher im gleichen Grade mit dieser zu- und abnehmend; allein nach §. 128 stehen die Sättigungs-Capacitäten der Stoffe mit ihrer wechselseitigen Verwandtschaft nicht im Verhältnisse. Als Vergleichungspunct für den sp. Wst. aller übrigen Substanzen nimmt man jenen des Wassers = 1,0000 an. Eine ausführliche, doch mancher Berichtigung bedürfende Tabelle hierüber findet man in Klaroth's chemischem Wörterbuche, Artikel: Wärme, entlehnt aus Thomson's System der Chemie. Als Beyspiel mögen hier einige von Lavoisier und La Place, de la Roche und Berard, Dulong und Petit entlehnte Angaben über den sp. Wst. der nachstehenden Substanzen ihren Platz finden:

Wasser . .	1,0000	Kalkhydrat .	0,4391	Baumöhl .	0,7100
Eis . . .	0,9000	Steinkohle .	0,2800	Schwefeläther (0,76) . .	0,6600
Wismuth .	0,0288	Holzkohle .	0,2631	Amoniak (0,96)	1,0300
Quecksilber .	0,0290	Holzasche .	0,1923	Atm. Luft .	0,2699
Bley . . .	0,0293	Schwefelsäure (1,85) . .	0,3346	Wasserstoffgas	3,2936
Gold . . .	0,0298	Arterienblut	0,9120	Kohlens. Gas	0,2210
Zinn . . .	0,0514	Kuhmilch .	0,9800	Sauerstoffgas	0,2361
Tellur . .	0,0912	Venenblut .	0,9030	Stickgas . .	0,2754
Nikel . . .	0,1035	Muskelfleisch	0,7400	Oxyd. Stickg.	0,2369
Eisen . . .	0,1100	Salpets. (1,35)	0,6300	Oehlbildendes Gas . .	0,4207
Kobalt . .	0,1498	Salzs. (1,153)	0,6000	Kohlenoxydgas	0,2884
Schwefel .	0,2085	Alkohol (0,817)	0,7000	Wasserdampf	0,8470
Kochsalz . .	0,2300	Terpenthinöhl	0,4720		
Salzsoole .	0,7800	Leinöhl . .	0,5280		
Kalk . . .	0,2169				

Nach Dulong und Petit steigt die Wärme-Capacität der Körper mit der Erhöhung der Temperatur, wie folgende Tabelle zeigt:

Specif. Wärme	zwischen 0 u. 100° C.	zwischen 0 u. 300° C.	Specif. Wärme	zwischen 0 u. 100° C.	zwischen 0 u. 300° C.
Quecksilb.	0, 0330 —	0, 0350 —	Kupfer	0, 0949 —	0, 1013 —
Zink	0, 0927 —	0, 1015 —	Platin	0, 0335 —	0, 0355 —
Antimon	0, 0507 —	0, 0549 —	Glas	0, 1770 —	0, 1900 —
Silber	0, 0557 —	0, 0611 —			

Die Wärme-Capacität der Körper kann durch mancherley, mechanisch oder chemisch wirkende Einflüsse, vorzüglich durch Uebergänge in andere Aggregat-Formen, verändert werden. Es ist einleuchtend, daß bey der Verminderung der Wärme-Capacität eines Körpers die mit demselben verbundene Menge von Wst. seine Temperatur auf einen höheren Grad zu erheben im Stande sey, daß also W. frey werden, oder Erwärmung entstehen muß; so wie im Gegentheil Kälte erfolgen wird, wenn nach Vermehrung der Wärme-Capacität eines Körpers die mit ihm verbundene Menge von Wst. nicht mehr hinreicht, seine Temperatur auf dem vorigen Grade zu erhalten. (Ueber die sp. Wärme der Gase; Poisson in Gilb. A. 76, 269. — Haycraft in Gilb. A. 76, 289. — Specifische Wärme nach Desormes und Clement in Schweigg. J. 32, 329. — Despretz in *Ann. de chim. et phys.* 24, 331.)

305. Mit dem specifischen Wärmestoffe eines Körpers steht wohl wahrscheinlich die absolute mit demselben verbundene Wärmestoffmenge im Verhältnisse: allein diese absolute Menge genau zu bestimmen oder durch Zahlen auszudrucken, sind wir nicht im Stande; weil wir noch keinen Körper haben bis zu dem Verluste alles Wst's abkühlen, also auf den absoluten Nullpunct bringen können; ja weil wir noch nicht einmahl zu bestimmen vermögen, ob Körper ohne Wst. überhaupt möglich sind. Die Methoden, welche Irwin und Dalton vorgeschlagen haben, die absolute Menge des mit einem Körper verbundenen Wst's., und also den absoluten Nullpunct durch Rechnung zu finden, beruhen auf zu wenig haltbaren und zu willkürlichen Voraussetzungen; daher hat man auch aus diesen Berechnungen sehr abweichende Resultate erhalten, indem nach Einigen (J. T. Mayer) der absolute Nullpunct auf — 213°, nach Andern auf — 512 — 1912 oder — 4904° R. fällt (Berzelius Jahresbericht 1822, 21. — Meikle, über sp. und geb. Wärme in Dingl. J. 22, 3).

Kälte.

306. Ein Körper ohne allen Wst. könnte absolut kalt geheißen werden; denn unter Kälte verstehen wir Mangel an Wst.; oder

Kälte verhält sich zur Wärme eben so, wie Schatten oder Finsterniß zum Lichte. Da man aber bisher noch keinen Körper alles Wst's. zu berauben im Stande war; so kennet man auch die absolute Kälte nicht, sondern bloß relativ kalte Körper (Halbschatten). Nach einem ziemlich allgemeinen Sprachgebrauche nimmt man am Thermometer den Eispunct als die Scheidewand zwischen Wärme und Kälte an: die Temperaturen darüber zählt man nach Wärme-, die darunter nach Kälte-Graden. Auf unser Gefühl als Maßstab von W. und Kälte dürfen wir uns sehr wenig verlassen, da dieses äußerst verschieden und wandelbar ist. Der Mensch erzeugt nähmlich in seinem Körper durch den Lebensprozeß selbst eine beträchtliche Menge W., die er in einer gewissen Zeit oder mit einer bestimmten Geschwindigkeit an seine Umgebungen abzutreten und als eine unerschöpfliche Quelle wieder neu zu erzeugen gewohnt ist. Von der Geschwindigkeit dieses Abgebens hängt nun das Gefühl von W. und Kälte ab: gibt der Mensch in einer bestimmten Zeit mehr Wst. ab, als er zu verlieren gewohnt ist, so empfindet er Kälte; gibt er weniger als gewöhnlich ab, Wärme. Die Geschwindigkeit dieses Abgebens von Wst. richtet sich (§. 302) nach dem Unterschiede der Temperatur des menschlichen Körpers (die beständig nahe an +30° R., also höher als unsere größte Sommerhitze ist) und seiner Umgebungen; dann nach der Strahlungs- und Leitungsfähigkeit der letzteren: im Winter, wo die Temperatur der Atmosphäre gewöhnlich 0 oder unter 0, also der Unterschied zwischen ihr und der unsers Körpers 30 oder 40° ist, muß dieser, unter übrigens gleichen Umständen, seinen Wst. geschwinder verlieren als im Sommer, wo dieser Unterschied bloß 10 oder noch weniger Grade beträgt; wenn man im Winter Holz und Eisen berührt, welche beyde am Thermometer dieselbe Temperatur, z.B. 0, zeigen; so wird das letztere wegen seiner besseren Leitungsfähigkeit kälter als das erstere scheinen. Juweliere unterscheiden echte Steine von Glasflüssen durch die Kälte, welche sie beym Berühren derselben (mit der Hand, mit den Wangen oder Augenliedern) empfinden. Bey verschiedenen Individuen ist die Menge von Wst., welche sie mit Behaglichkeit abzugeben gewohnt sind, sehr verschieden; ja auch bey demselben Individuum nach einer durch kurze Zeit sich eigen gemachten Gewohnheit, zu verschiedenen Zeiten äußerst ungleich: ein Afrikaner wird dort frieren, wo ein Kamtschadale sich wärmt; im Sommer scheint uns ein Tag, an welchem das

Thermometer + 10° R. zeigt, kalt; im Winter würde uns ein solcher Tag warm vorkommen; aus derselben Ursache scheinen uns die Keller, so wie das Wasser aus guten Brunnen, im Sommer kalt und im Winter warm, wenn auch ihre Temperatur im Sommer wirklich zwey oder drey Grade höher als im Winter ist. Endlich ist das Gefühl der Wärme oder Kälte von der physiologischen Stimmung oder von dem pathologischen Zustande des Körpers abhängig: einen Fieberkranken schüttelt in demselben Zimmer jetzt die fürchterlichste Frostkälte, in welchem er eine halbe Stunde darauf in unausstehlicher Hitze zu verschmachten glaubt. Bey dieser Unzuverlässigkeit unsers Gefühls müssen uns die Thermometer äußerst wichtige Instrumente seyn.

In Cumana, wo die T. der Atmosphäre beynahe beständig um + 22° R. ist, fingen nicht nur die Eingebornen, sondern selbst Humboldt nach einem kurzen Aufenthalte verwöhnt, zu frieren an, wenn das Thermometer manchmahl bey der Nacht oder nach einem Regen auf + 19 oder + 18° R. fiel, und über erstickende Hitze zu klagen, wenn es sich über + 24° R. erhob. Während der Nacht bey + 18° R. in einer offenen Barke zu fahren, wird für eine Qual gehalten; freylich macht auch die klare und doch feuchte Luft in den dortigen Nächten die Kälte empfindlicher (Humboldt's Reisen 2, 153). Die Alten nahmen eine besondere kaltmachende Materie an. Auch in den neueren Zeiten fand diese Hypothese wieder einige Anhänger, als sich in dem (§. 297*) beschriebenen Versuche mit den zwey correspondirenden Hohlspiegeln zeigte, daß das Thermometer in dem Brennpuncte des einen Hohlspiegels fiel, wenn in den Brennpunct des andern ein kalter Körper, z. B. ein Stück Eis, gebracht wurde; ein Resultat, welches sich nach Prevost's Theorie (§. 298) durch eine bloß vermehrte Entziehung von Wst. erklären läßt. Zeigt sich doch auch, ohne daß es verfinsternde Strahlen gibt, auf einem weißen Papiere im Brennpuncte des einen Spiegels ein dunkler Kreis, wenn in den Brennpunct des andern eine schwarze Kugel gebracht wird. Im gemeinen Leben heißt es, daß der Mensch Wärme empfindet, wenn er Wst. empfängt, und Kälte, wenn er Wst. abgibt: nach dieser Annahme dürfte sich ein Mensch bey einer Sommertemperatur der Luft von + 26° bis 29° R., oder in einer bis + 25° R. geheitzten Stube nicht über Wärme beklagen, weil er auch da noch Wst. an die Luft abgibt.

Veränderung des Aggregat-Zustandes.

307. Nebst der Wirkung, welche der Wst. auf unser Gemeingefühl und auf das Volumen der Körper äußert, ist er in diesen

auch noch andere, sehr merkwürdige, ihren Aggregat-Zustand treffende Veränderungen hervor zu bringen im Stande. Wir sehen nähmlich viele Körper alle drey Aggregat-Zustände durchlaufen, ohne daß außer Erwärmung oder Erkältung eine Veränderung mit ihnen vorgegangen ist: so wird das tropfbare Wasser durch Erkalten zu Eise, durch Erhitzen zu luftförmigem Dampfe; so ist der Schwefel bey der gewöhnlichen Temperatur starr, bey + 80° R. wird er tropfbar, und bey ungefähr + 240° R. siedet er und verwandelt sich schnell in Dampf; dasselbe gilt von der Schwefelsäure, vom Quecksilber und von vielen andern Metallen. Die meisten starren Körper können durch Erwärmen in tropfbare, und die meisten tropfbaren Körper durch höhere Grade von W. in Gase verwandelt werden; so wie umgekehrt durch Abkühlen viele luftförmige Körper in den tropfbaren, und aus diesem dann weiter in den starren Zustand zurückgeführt werden. Die Temperaturen, bey welchen ungleichartige Körper diese Veränderungen erleiden, sind sehr verschieden, doch bey dem nähmlichen Körper, unter übrigens gleichen Umständen, stets dieselben. Wenn wir einige starre Körper bisher noch nicht in tropfbare oder gasförmige, oder einige von den letzteren (die eigentlichen Lüfte) noch nicht in tropfbare oder starre verwandeln konnten, so liegt die Ursache darin, daß wir die zu diesen Veränderungen nothwendigen Temperaturen noch nicht hervorzubringen im Stande waren. Seit der Zeit, als sich die Mittel, hohe und niedere Temperaturen hervor zu bringen, vervollkommnet haben, ist in dieser Rücksicht Vieles früher für unmöglich Gehaltenes geleistet worden. Die Naturforscher haben daher als allgemeines Gesetz aufgestellt: *Alle Körper werden starr (fest), wenn man sie nur hinlänglich niedrigen Temperaturen unterwirft, und alle Körper werden tropfbar- oder elastisch-flüssig, wenn man sie nur genug hohen Temperaturen aussetzet.*

So hat man erst in dem letztverflossenen Jahrhunderte das Quecksilber in den starren Zustand versetzen gelernt. *Hutton* will sogar durch ein von ihm nicht angegebenes Verfahren, mittelst dessen man beliebige Kältegrade hervor zu bringen im Stande seyn soll, Alkohol in Eis verwandelt haben. Erst vor wenigen Jahren ist es *Davy* und *Faraday* gelungen, mehrere für permanent elastisch gehaltene Substanzen, z. B. das Chlor, die Kohlensäure, schweflige Säure, Schwefel-

wasserstoffsäure, das Stickstoffoxydgas, die Salzsäure, das Ammoniak im ganz wasserfreyen Zustande, bloß durch vereinte Wirkung von Druck und Kälte tropfbar-flüssig zu machen. So können wir auch im Brennpuncte der Brenngläser oder Brennspiegel, oder durch Einwirkung starker elektrischer oder galvanischer Apparate Substanzen verflüchtigen, die man vorher für absolut feuerbeständig hielt; und in dem kleinen Flämmchen des Newmann'schen Knallgasgebläses ist der Charakter der Unschmelzbarkeit und Feuerbeständigkeit ganz verschwunden. — Einige tropfbare Substanzen, wie z. B. Eyweiß, gerinnen beym Erwärmen. (Osann über die durch Wärme gerinnenden Substanzen; in Gilb. A. 69, 283).

308. Die Umwandlung starrer Körper in tropfbare geschieht entweder nach und nach, indem der Körper vorher alle möglichen Grade von Weiche durchläuft, wie dieß z. B. beym Wachse, Harze, Glase und mehreren andern Substanzen, die beym Erstarren nicht krystallisiren, der Fall ist; oder sie geschieht plötzlich und auf Einmahl, indem der Körper den Augenblick vor dem Schmelzen noch so starr ist als im Anfange der Erhitzung, und dann auf Einmahl flüssig wird: hierher gehören die meisten Metalle und alle beym Starrwerden krystallisirende Körper. Das Bley scheint sogar gleich vor dem Schmelzen härter und spröder als sonst zu seyn. — Die T. bey welcher starre Körper tropfbar werden, und die sich bey jenen der ersten Art schwer genau bestimmen läßt, heißt ihr Schmelzpunct, oder auch Gefrierpunct bey denjenigen Substanzen, die bey der gewöhnlichen T. der Atm. tropfbar sind. In Hinsicht dieser Eigenschaft unterscheidet man schmelzbare und unschmelzbare (durch die gewöhnlichen Mittel), leichtflüssige und strengflüssige Körper.

Das Zinn schmilzt nach Biot bey + 170°, nach Newton bey + 175° R., nach Crichton bey + 183° R.; das Antimon nach Dalton bey + 345, nach Guyton Morveau bey + 410° R.; das Zink nach Daniell bey + 274° R. Beym Phosphor, der nach Heinrich bey + 36° R. schmilzt, und wann er einmahl ganz geschmolzen ist, erst bey + 32° R. erstarret, fällt der Schmelz- und Gefrierpunct nicht zusammen. Der Gefrierpunct des Wassers (vielleicht auch anderer Substanzen) ist von Nebenumständen nicht ganz unabhängig: in einem dünnen Glase leicht zugedeckt und außer Berührung mit andern starren Körpern stehendes Wasser läßt sich bis unter — 5° R., nach Gay-Lussac sogar bis unter — 10° R. abkühlen, ohne zu gefrieren.

Schmelzpuncte einiger Substanzen.

	Reaum. Grade.		Reaum. Grade.		Reaum. Grade.
Salpetersäure	—44	Stearine	+ 38	Salpeter	+280
Schwefeläther	—40	Stearinsäure	+ 50	Zink	+299
Ammoniak, tropf-		Cetine	+ 40	Antimon	+410
bares	—40	Kalium	+ 46		Wegdwd. Grade.
Quecksilber	—31	Wachs, rohes	+ 49		
Leinöhl	—17	» weißes	+ 56	Email-Farben	+ 6
Elaine	—16	Naphtaline	+ 64	Messing	+ 21
Blausäure	—12	Natrium	+ 72	Silber	+ 22
Terpenthinöhl	— 8	Schwefel	+ 90	Kupfer	+ 27
Starker Wein	— 5	Harnstoff	+ 96	Gold	+ 32
Bergamdtöhl	— 4	Kautschuck	+100	Gußeisen	+130
Menschenblut	— 4	Cholestearine	+110	Mangan	+160
Flußsäure	— 4	Kohlenper-		Nikel	+160
Weinessig	— 2	chlorid	+128	Platin,	
Milch	— 1	Campher	+125	Iridium,	
Wasser	— 0		bis 140	Rhodium,	+ 175 und darüber.
Olivenöhl	+2—8	Jod	+140	Stabeisen,	
Oehlsäure	+ 5	Tellur	+142	Quarz,	
Aniesöhl	+ 8	Zinn	+182	Porzellan	
Schweinschmalz	+22	Wißmuth	+198	Eisenschweiß-	
Rindstalg	+32	Bernstein	+230	hitze	+ 95
Phosphor	+36	Indigblau	+230	Schmelztiegel	
Wallrath	+36	Bley	+260	(hessische)	+150

309. So bald ein Körper den Schmelzpunct erreicht hat, höret er auf, in seiner T. weiter zu steigen oder die W. zu leiten, wenn ihm auch davon noch so viel zugeführet wird; er muß also den zugeführten Wst. bloß dazu verwenden, sich in den tropfbaren Zustand zu versetzen: da diese Menge von Wst. sich so innig mit ihm verbindet, daß sie aufhört auf das Gefühl und auf das Thermometer zu wirken, so bindet (§. 294) er dieselbe und verdankt also seine Flüssigkeit bloß diesem gebundenen Wst. Jeder tropfbare Körper ist daher als zusammengesetzt anzusehen aus der starren Basis, in die er durch Erkalten übergeht, und aus gebundenem Wst. als Ursache seiner Tropfbarkeit. Ein tropfbarer Körper höret aber auch beym Uebergange in den starren Zustand die W. zu leiten und seine T. weiter herabzusetzen auf, er mag einer noch so großen Kälte ausgesetzt werden; weil in dem Verhältnisse, wie er starr wird, aus diesem erstarrenden Theile so viel von der gebundenen W. frey wird,

daß seine T. dadurch immer auf demselben Puncte erhalten werden kann, ungeachtet er fortwährend Wärmest. an die kälteren Umgebungen absetzt. Umgekehrt muß auch, wie der zur flüssigen Form nothwendige gebundene Wst. frey wird, mit der Ursache die Wirkung aufhören, und der Körper also starr werden: darum behält gefrierendes Wasser, so lange noch ein Theil davon flüssig ist, und schmelzendes Eis immer die T. = 0 R.; deßwegen ist das Eis von den älteren Naturforschern für einen Nichtleiter der W. erkläret worden, da doch alle Körper nur so lange Wärmeleiter sind, als sie ihren Aggregat-Zustand nicht verändern.

310. Vor Black meinte man, wenn ein Körper nur ein Mahl bis auf seinen Schmelzpunct erhitzt sey, so gehöre nur ein kleiner Ueberschuß von Wst. dazu, ihn ganz tropfbar zu machen; und wenn ein Körper nur auf seinen Gefrierpunct abgekühlt sey, so erstarre er durch die weitere Entziehung auch nur der geringsten Menge Wst. gleich gänzlich: Black zeigte aber durch sehr scharfsinnige Versuche, daß in jenem Falle noch eine große Menge Wst. erforderlich sey, der erst durch die innigste Verbindung mit dem Körper ihn tropfbar macht, und das im zweyten Falle dem tropfbaren Körper eine große Menge seines gebundenen Wst's. entzogen oder in Freyheit gesetzt werden müsse, ehe er starr wird.

Die Hauptversuche dieser Art, welche Black vorzüglich mit Wasser anstellte, und wodurch er zugleich die relativen Quantitäten von Wst. bestimmte, die beym Uebergange aus einem Zustande in den andern gebunden oder frey werden, sind folgende:

1) Zwey kugelförmige Gläser von demselben Durchmesser wurden mit Wasser gefüllt. In dem einen ließ er das Wasser gefrieren, im andern nur eiskalt werden. Die Kugel mit Eis hatte die T. $0^{0},5$ R. Nun wurden beyde Kugeln in ein warmes Zimmer von der T. $+7^{0}$ R. gebracht. Die T. des Wassers stieg in einer halben Stunde von 0 auf 3^{0} R. Die T. der Eiskugel stieg fast augenblicklich auf 0; allein nun fing das Eis zu schmelzen an, und blieb immer auf 0 stehen, bis nach $10\frac{1}{2}$ Stunden das Eis ganz in Wasser verwandelt worden war, welches die T. von $+4^{0}$ zeigte. Man muß annehmen, daß dem Eise in jeder halben Stunde eben so viel Wst. zugeführt worden ist, als dem Wasser in der andern Kugel (ja wegen des bleibenden größeren Unterschiedes der Temperaturen dem erstern eher noch mehr), nähmlich 3^{0}, also in 21 halben Stunden $21 \times 3 = 63^{0}$. Nun wurde durch diese 63^{0} seine T. nur um 4^{0} vermehrt: folglich haben sich beynahe 60^{0} Wst. (oder eine Menge Wst., wodurch die T. von derselben Quantität Was-

sers von 0 auf + 60° R. gebracht worden wäre) mit dem Eise verbunden, ohne weiter auf das Thermometer zu wirken. — Wurde die eine Kugel mit Wasser von + 9° R., die andere mit einer Salzlauge von derselben T. gefüllt, und beyde einer Kälte von — 4½° R. ausgesetzt; so verloren beyde allmählich Wst., bis ihre T. 0 war. Nun fing das Wasser zu gefrieren an, und zugleich hörte das Sinken seiner T. auf, bis es ganz in Eis verwandelt war: die Salzlauge, welche bey dieser T. noch nicht gefriert, fuhr fort Wst. zu verlieren, und dadurch in ihrer T. zu sinken, bis diese der umgebenden gleich, also auch — 4½° war. Gewiß ist hier auch unter 0 der einen Flüssigkeit wie der andern Wst. entzogen worden; allein der beym Uebergange des Wassers in Eis freywerdende Wst. erhielt dessen T. immer auf 0; die T. der Salzlauge hingegen mußte noch weiter sinken, weil bey ihr nicht dieser Uebergang, und folglich auch kein Freywerden von Wst. Statt fand.

2) Setzt man Wasser mit einem Thermometer in einem dünnen Glase an einem ganz ruhigen Orte einer Kälte von — 5° R. aus, so nimmt es diese T. an, ohne zu gefrieren; bewegt man aber jetzt das Glas nur ein wenig, so bildet sich augenblicklich eine Menge Eis, und das Thermometer steigt sogleich auf 0. Wägt man das Eis, so beträgt es den zwölften Theil der ganzen zum Versuche verwendeten Wassermenge. Durch wiederhohlte Versuche dieser Art findet man, daß sich für jeden R. Grad, welchen das Wasser unter den Eispunct abgekühlt wird, 1/60 desselben in Eis verwandelt. Wenn sich also das Wasser ohne zu gefrieren auf 60 unter 0 abkühlen ließe, so würde bey einer kleinen Erschütterung das ganze Wasser in einen Eisklumpen von der T. des Gefrierpunctes verwandelt, und folglich eben so 60° W. frey werden, wie sie nach dem ersten Versuche gebunden worden sind.

3) Ein Pfund Schnee von 0° mit Einem Pfunde Wasser von + 60° R. vermischt, schmilzt augenblicklich, und die gemeinschaftliche T. ist 0. Folglich verliert das Wasser 60° Wst., wodurch die T. des Schnees nicht erhöht, sondern dieser nur geschmolzen wird. Uebergießt man 6 Pf. Schnee von — 10° R. mit 1 Pf. eiskalten Wassers, so gefriert das Wasser, und die gemeinschaftliche T. ist 0°; hier ist also durch das Starrwerden des Wassers dieselbe Menge der gebundenen W. wieder frey geworden.

Ich hatte vor einiger Zeit Gelegenheit, ein sehr auffallendes Freywerden von Wärme beym Uebergange des salzsauren Kalkes aus dem flüssigen in den starren Zustand zu beobachten. Eine bis zum Krystallisationspuncte abgedampfte Lauge dieses Salzes wurde im Winter vors Fenster zum Krystallisiren gestellt. Als nach dem völligen Erkalten der Lauge dieß nicht vor sich gehen wollte, nahm ich die Abrauchschale herein, um die Lauge weiter abzudampfen. Durch diese Erschütterung

fing die ganze Lauge augenblicklich zu krystallisiren an, die Schale wurde aber auch so schnell heiß, daß ich sie kaum so lange halten konnte, um sie auf den nächsten Tisch zu tragen. Dabey fing die Lauge sich heftig zu bewegen und zu wallen an, als ob sie im stärksten Sieden begriffen wäre.

311. Aus diesen Versuchen folgt: Wasser von 0° kann nicht eher ganz gefrieren, als bis es so viel W. abgegeben hat, daß dadurch seine T. ohne diese Formveränderung um 60° gesunken wäre; und Eis von 0° kann nicht eher ganz schmelzen, als bis es 60° W. gebunden hat. Dieser gebundene Wst., von dem ohne Zweifel auch das Weich- und Dehnbarseyn abhängt, heißt verborgener, latenter Wärmestoff oder auch Wärmestoff der Flüssigkeit, besser der Tropfbarkeit. Eis ist also Wasser weniger 60° R. Wst., und Wasser ist Eis mehr 60° Wst. Wenn man durch irgend ein anderes Mittel als durch angebrachte W., Eis zwingen könnte, in den tropfbaren Zustand überzugehen, so müßte das daraus entstandene Wasser eine um 60° niedrigere T. haben als das Eis vor dem Schmelzen: darauf beruht die Wirksamkeit vieler so genannter kaltmachender Mischungen. Umgekehrt muß eine Hitze von wenigstens + 60° R. entstehen, wenn Wasser durch andere Mittel als durch Entziehen von Wst. in den starren Zustand versetzt wird, wie wir z. B. beym Kalklöschen sehen. — Durch Versuche ist bewiesen worden, daß dieses Binden und Entbinden von Wst. auch bey dem Uebergange anderer Körper aus dem starren in den tropfbaren, oder aus diesem in jenen Zustand Statt findet: der Wst. der Flüssigkeit beträgt z. B., nach Irwin, beym Wallrathe (Spermacet) 64° R.; beym Wachse 78°; beym Zinn 222°; die meisten tropfb. Substanzen sind aber in Hinsicht der Quantität ihres gebundenen Wst's noch nicht untersucht.

Aus der großen Menge Wst., welche bis auf 0 erwärmtes Eis binden muß, ehe es zu Wasser werden kann, läßt sich erklären, warum nach Eisgängen einzelne große Schollen, selbst in der lauesten Frühlingswitterung, oft Wochen lang liegen bleiben, ehe sie ganz schmelzen; wie Eisinseln von den Polen bis gegen die heiße Erdzone schwimmen können, ehe sie in dem warmen Meerwasser zergehen; warum das Eis und der Schnee der Gletscher den Sommer über nicht wegschmelzen u. dgl. m. Das Eis für Eiskeller soll man nicht sogleich aufladen und wegführen, so wie man es von der Oberfläche des Wassers abgebrochen hat; denn so lange es über tropfbarem Wasser steht, kann es nur

die T. 0 haben, sondern, wenn die T. der Luft niedrig ist, soll man es einige Zeit am Ufer liegen lassen, und bey der kältesten Tags- oder Nachtstunde in die Keller führen: nach Hemptinne war Eis von 0 in einem Eiskeller schon zum sechsten Theile geschmolzen, während Eis, welches auf — 6° R. abgekühlt eingeführt worden war, noch ganz trocken blieb.

312. Gase unterscheiden sich von tropfbaren Körpern durch einen bey weitem höheren Grad von expansiver Elasticität (§. 86): wenn also die letzteren gasificirt, in Dampf verwandelt, oder verdampft werden sollen, muß ihnen diese expansive Elasticität mitgetheilt werden. Das leichteste und bekannteste Mittel, ihnen dieselbe zu geben, ist die Verbindung mit dem ungemein elastischen Wärmestoffe. So wie die verschiedenartigen Substanzen durch gleiche Erhitzung sehr ungleich ausgedehnt werden; so ist auch der Grad der Elasticität, den sie durch Erhitzung bis zu derselben T. erhalten, sehr verschieden: bey einerley T. zeigen z. B. die Aetherdämpfe eine stärkere Elasticität als die Alkoholdämpfe; diese eine stärkere als die Wasserdämpfe; und diese wieder eine höhere als die Quecksilberdämpfe. Bey einer und derselben Substanz richtet sich die Elasticität ihrer Dämpfe bloß nach der T.; daher haben bey gleicher T. ihre Dämpfe immer denselben Elasticitätsgrad oder dieselbe Spannung (§. 88). Allein nur in einem unbegränzten leeren Raume und in einer unendlich dünnen Schichte einer tropfbaren Substanz können ihre Dämpfe der ihrer T. entsprechenden Elasticität beynahe ungehindert folgen, indem diese außer der Schwere, d. h. außer der Anziehung, welche die Erde gegen die zu verdampfenden Theile ausübet, keinen andern Widerstand zu überwinden haben; und nur unter diesen, nie zu realisirenden Bedingungen geschieht das Verdampfen augenblicklich. Bildet die zu verdampfende Flüssigkeit eine dickere Schichte, so müssen die in dem unteren Theile erzeugten Dämpfe durch ihre Elasticität das Gewicht des darüber liegenden Theiles überwinden; geschieht das Verdampfen in einem begränzten leeren Raume, so wird dieser mit den schon gebildeten Dämpfen erfüllt, welche auf die Flüssigkeit zurückdrücken; das Verdampfen geschieht dann immer nur mit dem Ueberschuße der Elasticität der sich bildenden Dämpfe über jene der schon vorhandenen, und höret ganz auf, wenn die Elasticität der schon gebildeten Dämpfe jener der sich bildenden gleich ist. In einem lufterfüllten Raume,

z. B. in der Atmosphäre, stehet dem Verdampfen ein doppeltes Hinderniß entgegen: erstens erschweret nähmlich die Atmosphäre durch ihr Beharrungsvermögen (§. 36) die freye Verbreitung der von der Oberfläche einer tropfbaren Masse aufsteigenden Dämpfe, diese stemmen sich und sind gezwungen auf die tropfbare Flüssigkeit zurück zu drücken, wodurch das Verdampfen auf die eben beschriebene Art verzögert wird; zweytens kann die atmosphärische Luft auf Dämpfe zwar eben so wenig als auf andere von ihr verschiedene Gasarten einen Druck ausüben, allein sie lastet mit ihrem Gewichte auf allen elastisch-flüssigen Substanzen, wenn ihr ein starrer oder tropfbarer Körper als Zwischenmittel dienet: so wird jede in eine Blase eingeschlossene oder mit Wasser abgesperrte Gasart von der Atmosphäre zusammengedrückt; auf gleiche Weise drückt nun die Atmosphäre auf die Oberfläche jeder tropfbaren Substanz, und dieser Druck pflanzt sich mittelst der obersten Schichte derselben sowohl auf alle unteren, als auch auf alle in ihrem Inneren sich bildenden Dämpfe fort; diese können also im Inneren einer tropfbaren Flüssigkeit nicht eher entstehen, als bis die T. derselben so weit erhöht worden ist, daß ihre Dämpfe mit der ihnen bey dieser T. zukommenden Elasticität den ganzen Druck der Atmosphäre und der oberen Schichten der tropfbaren Masse überwinden, d. h. bis die Spannung der Dämpfe in Quecksilber-Zollen ausgedruckt (§. 87) den jedesmahligen Barometerstand übersteigt. In diesem Falle bilden sich die Dämpfe zuerst dort, wo die W. angebracht wird, gewöhnlich am Boden des Gefäßes. Sind die oberen Schichten der Flüssigkeit noch nicht hinlänglich warm, so werden die in ihnen vom Boden des Gefäßes aufsteigenden Dampfbläschen durch Abkühlen wieder zerstöret, und dadurch das dem Sieden vorhergehende, im Wasser ungefähr bey $+ 60^{\circ}$ R. eintretende, eigene zischende Geräusch (Singen oder Simmern) verursachet. Hat sich endlich die Flüssigkeit durchaus gleichförmig erwärmet, so brechen die Dämpfe, so wie Gasarten, in Blasen durch sie hindurch, bringen das Schäumen, Wallen, Blasenwerfen, mit Einem Worte alle jene Erscheinungen hervor, die man unter der Benennung des **Siedens** begreift. Die für verschiedene Flüssigkeiten sehr ungleiche T., bey welcher diese Erscheinungen eintreten, heißt der **Siedepunct** derselben.

Die Hindernisse des Verdampfens sind also: a) Die **Schwere**, vermöge welcher sowohl die oberen Schichten das Verdampfen der unteren hindern, als auch die verdampfenden Partikeln selbst eine gewisse

Kraft erfordern, die sie vom Mittelpuncte der Erde weiter entfernt. b) Die Atmosphäre, in dem sie einerseits durch die in ihr enthaltenen Dämpfe gleicher Art auf die zu erzeugenden Dämpfe unmittelbar drückt, andererseits das Gewicht der obersten Schichte der Flüssigkeit um das einer Quecksilbersäule vermehrt, welche die genannte Schichte zur Basis und den jedesmahligen Barometerstand zur Höhe hat; dieses Gesammtgewicht muß nun durch die Elasticität der im Innern der Flüssigkeit sich bildenden Dämpfe überwunden werden. c) Die Anziehung anderer ungleichartiger Körper, z. B. in Hydraten, in Haarröhrchen. d) Die Cohäsionskraft regelmäßiger Tropfen flüssiger Substanzen, vorzüglich aber jene verdampfender starrer Körper, z. B. des Camphers, Eises u. dgl. m. — Sonst unterschied man Verdünsten, welches man bey der gewöhnlichen T. der Atm. vor sich gehen sah, und für einen Auflösungsprozeß der tropfbaren Flüssigkeit in der Luft hielt, vom Verdampfen, welches durch künstlich angebrachte W. bewerkstelliget wird. Daß jenes Verdünsten von diesem Verdampfen nicht wesentlich verschieden, und auch nicht in der auflösenden Wirkung der Luft auf die tropfbare Flüssigkeit gegründet sey, hätte man sehr leicht aus der schon lange bekannten Erfahrung schließen können, daß dieser Prozeß im luftleeren Raume (also bey der Abwesenheit des vermeintlichen Auflösungsmittels) am schnellsten und besten vor sich geht. Richtiger ist die Unterscheidung, daß beym Verdünsten unter dem Siedepuncte die Dämpfe sich bloß an der Oberfläche der tropfbaren Flüssigkeit bilden, wo sie nur den Druck der in der Luft schon vorhandenen Dämpfe ihrer Art, keineswegs aber den ganzen Luftdruck zu überwinden, sondern die Luft bloß auf die Seite zu schieben haben; da hingegen beym Verdampfen während des Siedens die Dämpfe sich durch die ganze Masse der tropfbaren Substanz erzeugen, indem ihre Elasticität dem Drucke der ganzen auf ihnen lastenden Luft- und Flüssigkeitssäule gewachsen ist. Unter Dunst versteht man auch öfters einen Dampf, welcher zum Theil seine elastisch-flüssige Form verloren hat, und mit tropfbaren oder starren Theilchen gemengt, daher auch nicht mehr ganz durchsichtig ist, wie z. B. der Nebel über siedendem Wasser, über Salzsäure, Ammoniak u. dgl. m. (Gehler's phys. Wörterbuch (1826), Art. Dunst, 2, 641).

313. Da der Druck der Atmosphäre bey uns sehr veränderlich ist, und durch die Höhe der Quecksilbersäule im Barometer angezeigt wird, so muß, dem Obigen zu Folge, der Siedepunct jeder Flüssigkeit von dem gleichzeitigen Barometerstande abhängig seyn, d. h. dieselbe Flüssigkeit wird bey höherem Barometerstande auch einer höheren T. zum Sieden bedürfen als bey niederem Barometerstande: nach Biot entspricht dem Steigen oder Fallen des Barometers um 1 P. Zoll,

eine Erhöhung oder Erniedrigung des Siedepunctes um 1° C. (also für 1 Wiener Linie 0°,0648 R.); daher die Nothwendigkeit, bey Bestimmung des Siedepunctes der Thermometer-Scalen auf den Stand des Barometers Rücksicht zu nehmen (§. 292*). Wenn man sich in der Atmosphäre erhebt, so nimmt ihr Druck ab, das Barometer fällt, und für jeden Zoll dieses Fallens sinkt auch der Siedepunct um 1° C.; daher siedet Wasser auf Bergen bey einer um so niedrigern T., je höher sie sind; darauf beruht Wollaston's Methode, die Höhe der Berge statt des Barometers mittelst seines so genannten Thermometer-Barometers zu messen. Nach Lamanon und Monge kochte Wasser auf dem Gipfel des Pic von Teneriffa (bey 19″ 1‴ Barometerstand) bey + 71° R.; Saussure sah auf dem Montblanc (bey 16 P. Zoll Barometerhöhe) Wasser bey weniger als + 70° R. sieden. In einem vollkommen leeren und leer bleibenden Raume müßte selbst eiskaltes Wasser sieden. In der Torricellischen Leere unserer gewöhnlichen Barometer verdampft Quecksilber schon durch bloße Sonnenwärme. Wird Wasser in verschlossenen Gefäßen erhitzt, so steigt der Druck zugleich mit der Elasticität des bereits erzeugten Dampfes: daher kann Wasser im Papin'schen Topfe oder Digestor, ohne zu sieden, auf mehr als 163° R. erhitzt, und es können darin Substanzen, z. B. Knochen, erweicht, oder andere Wirkungen durch dieses heiße Wasser hervorgebracht werden, die man durch noch so langes Sieden mit Wasser in offenen Gefäßen nicht hervorgebracht hätte. In sehr tiefen Gefäßen ist siedendes Wasser am Boden beträchtlich heißer als an der Oberfläche (§. 292* und 312). Auch die Materie des Gefäßes hat wegen des verschiedenen Wärmeleitungs- und Strahlungsvermögens einen Einfluß auf den Siedepunct: nach Gay-Lussac siedet Wasser in metallenen Gefäßen bey einer um 1°,3 niedrigern T. als in gläsernen. Ein flüssiger Körper, der von einem starren eingesaugt ist, verdampft um so schwieriger, je fester er durch die Capillarität des letzteren gehalten wird, wenn die Capillarität nicht durch die Vermehrung der Oberfläche der zu verdampfenden Flüssigkeit compensirt wird. Ist ein sonst leicht verdampfbarer Körper mit einem andern weniger flüchtigen durch chemische V. verbunden, so steigt sein Siedepunct im Verhältnisse dieser V., weil diese nun mit unter die von der Elasticität der Dämpfe zu überwindenden Hindernisse gehöret: daher siedet reines Wasser früher als Salzlauge, oder als

mit Schwefelsäure verbundenes Wasser; daher läßt sich das Wasser in manchen Hydraten, z. B. in der Thonerde, erst bey der heftigsten Glühhitze, in andern, z. B. im Kali oder Natronhydrate, durch keine Hitze verflüchtigen. Dagegen setzen starre Körper, die in gewissen Flüssigkeiten mechanisch vertheilt sind, den Siedepunct der letzteren öfters herab: so soll nach Bostock (*Ann. of philos. Marz* 1825, 296) Aether um 22, Alkohol um 13, Wasser aber nur um 2 Reaum. Grade früher sieden, wenn man kleine Stückchen von Cederholz, Metalldrähten, Feilspäne, Glasstückchen, abgeschabte Theile einer Federspule u. dgl. m. hinein wirft.

Die richtige Bestimmung des Siedepunctes der Flüssigkeiten fordert daher eine genaue Berücksichtigung aller Nebenumstände: die nachstehenden Siedepuncte in R. Wärmegraden gelten für einen Barometerstand von 28,895 Wiener Zoll.

Leichter Salzäther	10°	Alkohol	64°	Lauge v. salpetersf. Ammoniak	101°
Salpeteräther	16	Bergnaphta	68	Jod	144
Blausäure	21	Schwerer Salzäther	68,7	Antimonchlorid	158
Salpeterige Säure	22,4	Wasser	80	Indigoblau	230
Schwefeläther	28,53	Meerwasser	83	Phosphor	231
Schwefelalkohol	33,6	Lauge von kohlensäuerlichem Kali	112	Schwefel	234
Ameisenäther	45	» weinsteinsaurem Kali	93,4	Vitriolöhl	247
Brandiger Essiggeist	47	» Salmiak	91,5	Olivenöhl	249
» Holzessiggeist	52	» Salpeter	92,5	Leinöhl	252
Jodäther	55	» Kochsalz	87,2	Quecksilber	282
Essigäther	57			Cetine	288
Sauerstoffäther	60			Cholestearine	290
				Zinn	2230

Die Siedepuncte der Salzlaugen sind von Faraday bestimmt (*Ann. de chim. et phys.*) 20, 325, welcher vergessen hat, die T. anzugeben, bey welcher die Lauge mit dem Salze gesättigt worden war. Eine andere ausführlichere Tabelle über die Siedepuncte mehrerer Salzlaugen von Griffit's findet man in Baumgartner's Zeitschrift 1, 293. Wenn man Wasser in einem bis zur Hälfte damit gefüllten Glaskolben durch mehrere Minuten kochen läßt, um die atm. Luft aus dem Kolben ganz zu vertreiben, dann vom Feuer nimmt und schnell luftdicht verstopft, so höret das Sieden augenblicklich auf, weil die über dem Wasser befindlichen Wasserdämpfe die Bildung von neuen Dämpfen verhindern; wäscht man aber, nachdem das Wasser bis auf mehrere Grade unter +80° erkaltet ist, den oberen Theil des Kolbens mit kaltem Wasser, oder steckt den ganzen Kolben bis an den Stöpsel

in ein anderes Glas mit kaltem Wasser: so fängt das Wasser im Kolben wieder heftig zu sieden an, weil die Dämpfe über dem Wasser schnell abgekühlt zu Wasser condensirt werden, und einen beynahe leeren Raum zurück lassen. Darauf beruht auch die Einrichtung der sogenannten Pulshammer oder Temperamenten-Gläser. Vortheilhaftes Destilliren und Abdampfen in Apparaten, worin man einen luftleeren Raum hervorbringen und die Vorlagen gehörig kühl erhalten kann. Wasser verdampft von einer Unterlage, auf der es wegen der wechselseitigen Anziehung fein zerfließt, z. B. von einer nicht fetten Metallfläche, schneller, als wenn die nähmliche Menge desselben auf einer fetten Unterlage Tropfen bildet, weil es in jenem Falle eine größere Oberfläche darbiethet, und die im ersten Falle Statt findende Flächenanziehung durch das stärkere Walten der Cohäsionskraft in den Tropfen ersetzt wird. — Nicht alle starren Körper schmelzen vor dem Verdampfen, z. B. Arsenik, Campher, der Phosphor im Sonnenlichte; in einem unbegränzten leeren Raume würden wohl alle starren Körper, ohne zu schmelzen, in den elastisch-flüssigen Zustand übergehen. — Einige tropfbare Substanzen, z. B. fette Oehle, lassen sich nicht verdampfen, weil sie zerlegt werden, ehe sie die zum Verdampfen nöthige Temperatur erlangen: bey + 252° R. geräth wohl das Leinöhl in eine siedende Bewegung, allein diese ist kein eigentliches Kochen, sondern sie wird nur durch die bey der Zersetzung des Oehles gebildeten Gase verursacht. Dasselbe gilt auch von concentrirter Salpetersäure, Salzsäure, vom Ammoniak u. dgl. m. Ueber die sehr nützliche Anwendung des Papin'schen Topfes in der Kochkunst, s. F. G. Zenker's Anleit. zum sichern Gebrauche der k. k. privil. verbesserten Kochtöpfe. Wien bey Strauß 1825.

314. Die Dämpfe kommen in vielen Eigenschaften mit den Gasarten überein. Die meisten sind durchsichtig, ungefärbt, und daher unsichtbar wie die atm. Luft; nur wenige, z. B. Selen-, Jod- und Indigodämpfe sind gefärbt. So wie keine Luftart auf eine andere unmittelbar einen Druck ausübet, so drückt auch keine auf irgend einen Dampf, und keine Dampfart drückt auf eine andere: Wasserdämpfe drücken also nicht auf Alkohol-, Schwefelsäure- oder Quecksilberdämpfe, sondern nur einzig und allein wieder auf Wasserdampf; daher läßt jede Luft- und Dampfart den Raum für andere Luft- und Dampfarten gleichsam leer (§. 90). Sie leiten und führen die Wärme fort, wie Luftarten; sie dehnen sich (von der verdampfenden Substanz abgesondert) eben so gleichförmig und so viel wie diese, nähmlich vom Eis- bis zum Siedepuncte um 0,375 aus. Das charakteristische Unterscheidungszeichen zwischen Luftarten und Dämpfen besteht darin, daß die Dichtigkeit und davon abhängende

Elasticität der Dämpfe jeder Art an ein bestimmtes Verhältniß zu ihrer T. gebunden sind, d. h. daß die Menge einer Dampfart, die in einem gegebenen Raume bey einer und derselben T. bestehen kann, eine gewisse Gränze nicht zu überschreiten vermag: wird in einem Gefäße befindliche Luft von was immer für einer Spannung und Dichtigkeit, ohne Veränderung der Temperatur, auf den halben Raum zusammengepreßt, so erhält sie die doppelte Spannung und Dichtigkeit (§. 88); nicht so bey Dämpfen; denn wird Wasserdampf von + 80° R., der sich über einer Schichte siedenden Wassers befindet, auf sein halbes Volumen zusammen gedrückt, so wird die Hälfte davon zu Wasser, die andere Hälfte behält die vorige Spannung und Dichtigkeit; erweitert man den Raum für diesen Dampf auf's Doppelte, so entwickelt sich aus dem Wasser noch Ein Mahl so viel Dampf, und dieser erhält dadurch wieder seine vorige Spannung und Dichtigkeit. Die Dämpfe jeder Substanz haben also für jede Temperatur einen genau bestimmten höchsten Grad von Dichtigkeit und Spannung, den sie immer erreichen (im leeren Raume schnell, im lufterfüllten langsamer), wenn von der verdampfenden Substanz eine hinlängliche Menge vorhanden ist. Will man eine auf ihrem höchsten Grade von Dichtigkeit stehende Dampfart in einen engern Raum zusammen drücken, so wird ein Theil davon tropfbar, damit der andere die dieser T. entsprechende Dichtigkeit behalten könne; wird die T. vermindert, so geschieht dasselbe, bis der übrig bleibende Theil den der neuen T. entsprechenden Grad von Dichtigkeit erlangt hat. Es gibt also nur Ein Mittel, die Dichtigkeit und Elasticität der Dämpfe zu vermehren, nähmlich Erhöhung der T.

Die Spannung der Dämpfe, womit ihre Dichtigkeit im Verhältnisse stehet, bestimmet man eben so mittelst des Elaterometers, wie man die Spannung der Luftarten bestimmet (§. 87), nähmlich nach der in Zollen ausgedrückten Höhe einer Quecksilbersäule, der sie das Gleichgewicht zu halten im Stande ist, oder nach dem in Pfunden, Lothen u. s. w. angegebenen Drucke, den sie auf einen Quadrat-Zoll der sie einschließenden Gefäßwände ausüben; oder man vergleicht auch diesen Druck mit jenem der Atmosphäre (= 28 P. Zoll), gibt an, dem wie vielfachen Drucke der Atm. er gleich kömmt, und bedient sich dabey des Ausdruckes, daß der Dampf mit einer Spannung von 2, 4, 5 ·· 100 Atmosphären wirke. Weil die Elasticität der Wasserdämpfe als bewegende Kraft gebraucht wird, so ist es wichtig sie zu kennen. Folgende Tafel gibt nach J. T. Mayer, und zum Theil nach Arzber-

ger, in der ersten Spalte die Temperatur in Reaumur'schen Graden, in der zweyten die der nebenstehenden T. entsprechende Spannung oder Elasticität in P. Zollen Quecksilberhöhe, in der dritten das specifische Gewicht gegen jenes des Wassers im Zustande seiner größten Dichtigkeit (hier nach Hällström bey $+3^{0},28$ R.) = 1, in der vierten das spec. Gewicht gegen jenes der eiskalten atmosph. Luft bey mittlerem Barometerstande = 1, in der fünften das spec. Gewicht gegen jenes der atm. Luft von der nebenstehenden T., also von gleicher T. mit dem Dampfe, die sechste Spalte endlich das absolute Gewicht Eines Wiener Kubikfußes des nebenstehenden Wasserdampfes in W. Apothekergranen an. Um die Zahl der Atmosphären zu finden, derer Druck der Elasticität der Wasserdämpfe gleichkömmt, darf man ihre Spannung in P. Zollen nur durch 28 dividiren: so wird man finden, daß bey $+80^{0}$ R. ihre Spannung dem Drucke 1 Atmosphäre, bey $+97^{0}$ R, dem Drucke von 2 Atm., bey $+108^{0}$ R. von 3 Atm., bey $+116,5^{0}$ R. von 4 Atm., bey $+124^{0}$ R. von 5 Atm., bey + 1000^{0} R. dem Drucke von 5310 Atmosphären gleichkömmt. Um den Druck der Dämpfe auf 1 Quadrat-Zoll Fläche zu finden, darf man nur wissen, daß bey einer Spannung = 28 P. Zoll, dieser Druck 12,6 W. Pfund beträgt, und daß er in gleichem Verhältnisse mit den die Spannung anzeigenden Quecksilberzollen zunimmt; bey $+100^{0}$ R., wo die Spannung = 62,628 Quecksilberzoll ist, wird also der Druck der Dämpfe = 28 : 62,628 = 12,6 : 28,18 Wiener Pfund seyn. — Die Angaben dieser Tabelle sind nur so lange richtig, als noch tropfbares Wasser vorhanden ist, um die jeder Temperaturserhöhung entsprechende Dampfmenge liefern zu können; ist kein Wasser mehr vorhanden, so dehnen sich bey weiterer Temperaturserhöhung die Dämpfe, so wie die übrigen elastischen Flüssigkeiten, gleichförmig für jeden Grad R. um 0,00475 aus, und ihre Elastictiät steigt dann nur in diesem Verhältnisse. Wie groß der Unterschied ist, lehrt folgendes Beyspiel. Man gibt in einen Glasballon so viel Wasser, daß bey $+60^{0}$ R. alles verdampft ist; die Dämpfe haben bey dieser T., nach der Tafel, eine Spannung von 10,748 Par. Zoll; nun erhitzt man diese Dämpfe noch weiter bis auf $+80^{0}$ R., so werden sie sich noch um $20 \times 0,0047 = 0,094$ ausdehnen, auch nur um so viel ihre Spannung vermehren, welche also dann $10,748 \times 0,094 = 1,01 + 10,748 = 11,758$ P. Z. seyn wird. Ist aber in dem Ballon noch Wasser vorhanden, bis dasselbe, und folglich auch seine Dämpfe die T. $+80^{0}$ erreicht haben, so ist die Spannung derselben = 28 P. Zoll. Im ersten Falle lassen sich die Dämpfe von 80 bis auf 60^{0} abkühlen, oder von 101 Rthln. auf 90,6 Rthle. zusammendrücken, ohne daß sie tropfbar werden; im zweyten Falle dürfen sie nicht um Einen Grad abgekühlt oder nur im Geringsten zusammengedrückt werden, ohne daß ein entsprechender Theil in Tropfen zusammenfließt.

R. Grade.	Spannung in Par. Zoll.	Specifisches Gewicht: Wasser von + 3°,28 R. = 1.	Specifisches Gewicht: eiskalte Luft = 1.	Specifisches Gewicht: gleichwarme Luft = 1.	Absol. Gewicht Eines W. K.Fußes in W.Gran.
− 20	0,0114		0,000295	0,000267	0,1663
15	0,0224		0,000565	0,000525	0,3197
10	0,0418	0,000001	0,001029	0,000981	0,5804
9	0,0471	2	0,001154	0,001106	0,6409
8	0,0530		0.001292	0,001244	0,7287
7	0,0595		0,001444	0,001397	0,7944
6	0,0667		0,001611	0,001566	0,9085
5	0,0747		0,001795	0,001753	1,0125
4	0,0835	3	0,001997	0,001959	1,1203
3	0,0934		0,002221	0,002186	1,2526
2	0,1038		0,002457	0,002434	1,3857
1	0,1154	4	0,002720	0,002707	1,5341
0	0,1282		0,003005	0,003005	1,6948
+ 1	0,1422		0,003320	0,003335	1.5405
2	0,1575	5	0,003659	0,003694	2,0637
3	0,1741		0,004029	0,004085	2,2724
4	0,1923	6	0,004429	0,004512	2,4980
5	0,2122		0,004863	0,004977	2,7427
6	0,2337	7	0,005332	0,005482	3,0022
7	0,2571	8	0,005839	0,006031	3,2932
8	0,2825		0,006387	0,006627	3,6023
9	0,3101	9	0,006978	0,007267	3,9356
10	0,3398	0 000010	0,007614	0,007972	4,2943
11	0,3721	11	0,008300	0,008728	4,6812
12	0,4069	12	0,009036	0,009545	5,0963
13	0,4445	13	0,009827	0,010426	5,5434
14	0,4850	14	0,010675	0,011377	6,0207
15	0,5286	15	0,011584	0,012399	6,5334
16	0,5755	16	0,012557	0,013501	7,0821
17	0,6260	17	0,013599	0,014684	7,6698
18	0,6801	19	0,014711	0,015954	8,2970
19	0,7383	20	0,015900	0,017318	8,9676
20	0,8500	22	0,017167	0,018779	9,6822
21	0,8672	24	0,018517	0,020343	10,444
22	0,9386	26	0,019955	0,022017	11,255
23	1,0149	28	0,021486	0,023806	12,118
24	1,0963	30	0,023113	0,025717	13,036
25	1,1833	32	0,024841	0,027751	14,010
26	1,2761	34	0,026674	0,029930	14,444
27	1,3747	37	0,028619	0.032257	16,141
28	1,4799	39	0,030680	0,034714	17,304
29	1,5917	42	0,032862	0,037337	18,534
30	1,7106	45	0,035171	0,040126	19,731
31	1,8368	48	0,037613	0,043087	21,214
32	1,9709	52	0,040193	0,046232	22,669
33	2,1130	55	0,042916	0,049567	24,205
34	2,2636	59	0,045790	0,053100	25,816
35	2,4231	63	0,048819	0,056841	27,534

R. Grade.	Spannung in Par. Zoll.	Specifisches Gewicht			Absol. Gewicht Eines W. K.-Fußes in W. Gran.
		Wasser von + 3°, 28 R. = 1.	eiskalte Luft = 1.	gleichwarme Luft = 1.	
+ 36	2,5921	0,000067	0,052013	0,060804	29,335
37	2,7707	71	0,055375	0,064994	31,231
38	2,9594	76	0,058911	0,069421	33,026
39	3,1589	81	0,062631	0,074100	35,324
40	3,3694	85	0,066541	0,079037	37,529
41	3,5916	91	0,070648	0,084324	39,845
42	3,8255	96	0,074957	0,089736	42,276
43	4,0723	0,000102	0,079481	0,095526	44,827
44	4,3320	108	0,084221	0,10162	47,501
45	4,6054	114	0,089189	0,10803	49,603
46	4,8930	121	0,094391	0,11478	53,237
47	5,1952	128	0,099837	0,12187	56.558
48	5,5128	135	0,10553	0,12932	59,519
49	5,8463	143	0,11149	0,13714	62,770
50	6,1963	151	0,11772	0,14535	66,394
51	6,5634	159	0,12422	0,15396	70,060
52	6,9483	168	0,13101	0,16309	73,890
53	7,3514	177	0,13809	0,17245	77,883
54	7,7736	187	0,14548	0,18236	82,507
55	8,2158	197	0,15317	0,19272	86,388
56	8,6784	207	0,16120	0,20357	90,917
57	9,1623	218	0.16955	0,21492	95,626
58	9,6679	229	0,17825	0,22678	100,53
59	10,196	240	0,18729	0,23927	105,65
60	10,748	252	0,19670	0,25211	111,14
61	11,323	265	0,20649	0,26562	116,46
62	11,924	278	0,21665	0,27971	122,19
63	12,551	292	0,22721	0,29441	128,15
64	13,204	306	0,23817	0,30973	134,33
65	13,884	320	0,24954	0,32569	140,74
66	14,593	335	0,26134	0,34231	147,40
67	15,331	351	0,27357	0,35962	154,29
68	16,099	367	0,28625	0,37764	161,44
69	16,598	384	0,29939	0,39638	168,86
70	17,729	402	0,31300	0,41587	176,53
71	18,592	420	0,32709	0,43612	184,48
72	19,489	438	0,34167	0,45716	192,70
73	20,422	458	0,35676	0,47904	201,21
74	21,389	478	0,37237	0,50179	210,02
75	22,393	499	0,38849	0,52535	219,11
76	23,435	520	0,40516	0,54974	228,51
77	24,516	542	0,42239	0,57508	238,23
78	25,635	565	0,44016	0,60134	248,25
79	26,797	588	0,45852	0,62855	258,61
80	28,000	613	0,47747	0,65681	269,29
81	29,246	638	0,49702	0,68588	280,32
82	30,535	664	0,51718	0,71629	291,69
83	31,870	690	0,53796	0,74776	303,41

R. Grade.	Spannung in Par. Zoll.	Specifisches Gewicht			Absol. Gewicht Eines W. K.Fußes in W. Gran.
		Wasser von + 3°,28 R. = 1.	eiskalte Luft = 1.	gleichwarme Luft = 1.	
+ 84	33,252	0,000718	0,55940	0,77997	315,50
85	34,681	746	0,58147	0,81348	327,95
86	36,158	776	0,60421	0,84812	340,77
87	37,685	805	0,62764	0,88396	353,99
88	39,264	836	0,65175	0,92096	367,59
89	40,894	868	0,67657	0,95924	381,59
90	42,577	901	0,70209	0,99872	395,98
91	44,316	935	0,72837	1,03953	410,80
92	46,110	969	0,75535	1,08158	425,02
93	47,961	0,001005	0,78312	1,12612	441,68
94	49,871	1041	0,81165	1,16983	457,77
95	51,841	1079	0,84097	1,21604	474,31
96	53,870	1118	0,87106	1,26364	491,28
97	55,964	1157	0 90201	1,31269	508,73
98	58,119	1198	0,93373	1,36124	526,62
99	60,341	1240	0,96632	1,41537	545,00
100	62,628	1283	0,99975	1,46903	563,86
102	67,409	1372	1,0692	1,57113	603,03
104	72 472	1466	1,1423	1,69997	644,26
106	77,827	1564	1,2190	1,82557	687,52
108	83,489	1667	1,2995	1,95835	732,92
110	89,464	1776	1,3839	2,09854	780,52
112	95,770	1889	1,4725	2,24674	830,49
114	102,42	2012	1,5649	2,40243	882,60
116	109,42	2132	1,6616	2,56660	937,14
118	116,78	2262	1,7628	2,73921	994,22
120	124,52	2398	1,8684	2,92087	1053,8
122	132,65	2539	1,9788	3,11206	1116,0
124	141,19	2686	2,0933	3,31181	1180,6
126	150,14	2839	2,2129	3,52183	1248,1
128	159,53	2999	2,3374	3,74194	1318,3
130	169,35	3165	2,4670	3,97261	1391,4
132	179,64	3338	2,6016	4,21281	1467,3
134	190,39	3517	2,7414	4,46601	1546,1
136	201,63	3704	2,8864	4,72907	1627,9
138	213,36	3897	3,0372	5,00470	1713,0
140	225,61	4097	3,1933	5,29194	1801,0
142	238,38	4305	3,3551	5,59161	1892,3
144	251,69	4520	3,5225	5,90371	1986,7
146	265,56	4742	3,6960	6,42934	2084,5
148	279,99	4972	3,8752	6,52769	2175,6
160	295,01	5210	4,0606	6,82007	2290,2
155	335,20	5839	4,5510	7,85821	2566,8
160	379,34	6520	5,0814	8,89804	2865,9
165	427,67	7253	5,6530	10,03181	3188,3
170	480,42	8041	6,2673	10,96923	3534,7
175	537 82	8886	6,9258	12,61534	3906,1
180	600,12	9789	7,6296	14,07651	4303,1

R. Grade.	Spannung in Par. Zoll.	Specifisches Gewicht			Absol. Gewicht Eines W. K.Fußes in W. Gran.
		Wasser von $+3^0$, 28 R. = 1.	eiskalte Luft = 1.	gleichwarme Luft = 1.	
+185	667,50	0,010752	8,3797	15,65742	4726,1
190	740,25	11776	9,1776	17,36402	5186,2
195	818,56	12862	10,023	19,19805	5652,9
200	902,69	14012	10,921	21,17473	6159,4
210	1089,3	16508	12,866	25,55059	7256,4
220	1501,8	19273	15,021	30,5347	8471,8
230	1541,9	22313	17,390	36,1677	9807,9
240	1811,4	25634	19,979	42,4293	11268
250	2111,8	29241	22,790	49,5386	12853
260	2444,9	33137	25,826	57,3492	14565
270	2812,6	37331	29,089	65,9622	16406
280	3214,5	41800	32,578	75,4018	18373
290	3653,9	46568	36,294	85,7083	20469
300	4131,3	0,051627	40,237	96,9309	22693
310	4647,9	56973	44,404	109,050	25043
320	5205,0	62604	48,791	122,090	27518
330	5803,4	68516	53,400	136,127	30117
340	6444,2	74705	58,224	151,161	32838
350	7128,2	81167	63,260	167,202	35678
360	7856,0	87894	68,503	184,280	38535
370	8628,8	94883	73,950	202,401	41707
380	9446,7	0,10213	79,596	221,595	44892
390	10311	0,10962	85,434	241,855	48184
400	11221	0,11735	91,462	263,218	51584
420	13183	0,13352	104,06	309,245	58689
440	15335	0,15055	117,34	359,729	66179
460	17681	0,16842	131,26	414,729	74030
480	20219	0,18705	145,78	474,295	82219
500	22952	0,20637	160,84	538,396	90713
530	27417	0,23655	184,37	643,119	103984
560	32313	0,26798	208,86	757,974	117797
590	37644	0,30052	234,22	882,986	132100
620	43399	0,33400	260,31	1018,02	146814
650	49560	0,36805	286,93	1162,52	161828
680	56132	0,40297	314,07	1316,71	188335
710	63100	0,43827	341,58	1480,17	192651
740	70453	0,47394	369,38	1652,64	208330
770	78181	0,50987	397,38	1754,51	224122
800	86262	0,54591	425,52	2023,69	239993
850	100540	0,60632	472,55	2358,31	266518
900	115730	0,66658	519,52	2714,05	292949
950	131790	0,72647	566,20	3091,45	319336
1000	148680	0,78580	612,43	3487,67	345410

Da für jede Dampfart ein mit Luft, oder mit Dämpfen anderer Art erfüllter Raum, wie ein leerer Raum zu betrachten ist: so hat es auf die Menge der Dämpfe, die sich in einem gewissen Raume bilden können, keinen Einfluß, ob er leer oder mit andern Gas-

und Dampfarten erfüllt sey: die Atmosphäre hindert daher das Verdampfen von Wasser nur durch die in ihr schon enthaltenen Wasserdämpfe; durch ihre übrigen Gemengtheile übet sie auf das Verdampfen bloß einen verzögernden Einfluß aus, in so fern sie ein Hinderniß der Fortbewegung der schon gebildeten Dämpfe ist; aus der letzten Ursache befördern Winde oder ein Luftzug das Verdampfen. In einer luftleeren Glocke verdampft Wasser wohl schneller, allein nicht in größerer Menge, als wenn dieselbe Glocke bey gleichbleibender T. mit trockener atm. Luft gefüllt ist. Ein Gemenge von Luft- und Wasserdämpfen wirkt dann mit der Summe der Spannkräfte beyder: hat man z. B. in einem Glasballon trockene Luft von 28 Zoll Spannung und $+ 20^0$ R. T., und bringet man etwas Wasser hinein, so wird man nach kurzer Zeit das Eläterometer um 0,85 Zoll, also auf 28,85 Zoll steigen sehen, weil die Elasticität der Wasserdämpfe bey $+ 20^0$ R. 0,85 Z. beträgt.

315. Da die Elasticität der über einer hinreichenden Menge von Wasser (und so jedes andern leicht verdampfbaren Körpers) sich bildenden Dämpfe, mit der Temperaturserhöhung in einem ungleich größeren Verhältnisse als jene der Gasarten wächst: so kann sie endlich bis zu einem Grade von Kraftäußerung gesteigert werden, wovon wir sonst wenig Beyspiele in der Natur haben. Kein Gefäß läßt sich stark genug denken, welches mit Wasser gefüllt, luftdicht geschlossen und hinlänglich erhitzt, nicht gesprengt würde. Nach der Meinung vieler Geologen hat auf diese Weise Wasser in Vereinigung mit Feuer unsere Erdrinde gehoben, und die Berge gebildet. Viele Naturforscher erklären das Erdbeben aus der Gewalt plötzlich entstandener unterirdischer Wasserdämpfe. Die schönste Anwendung von der gezähmten Kraft der Wasserdämpfe hat man bey der Einrichtung der Dampfmaschine gemacht.

Die Dampfmaschine kann als Maßstab zur Beurtheilung der Resultate dienen, die den menschlichen Scharfsinn belohnen, wenn er sich, durch Wißbegierde und Interesse angetrieben, an einem Gegenstande übet, und zugleich als Beweis, mit welchem Uebermaße der göttliche Funke des Verstandes alle körperlichen Vorzüge der Thiere ersetzet, indem der Mensch durch die Dampfmaschine seine eigene schwache physische Kraft zu jener von tausend zugleich sich anstrengenden Pferden anhaltend zu steigern vermag. Die Gewalt, mit welcher man den Dampf aus Kochgefäßen mit enger Mündung, oder aus der sogenannten Dampf- oder Windkugel (aeolipila), d. h. einer mit einem engen Ausmündungsrohre versehenen, zum Theil mit Wasser oder Weingeiste gefüllten, auf glühende Kohlen oder über eine Weingeist-

flamme gestellten blechernen Kugel, strömen sah, legte den Gedanken, ihn als bewegende Kraft anzuwenden, so nahe; die kaum den Nahmen von Maschinen verdienenden Vorrichtungen, womit man dieses zu bewerkstelligen suchte, waren Anfangs so einfach, und sind später so vielfältig verbessert worden, daß es zweifelhaft wird, wen man eigentlich als den Erfinder der heutigen Dampfmaschinen ansehen soll. Die Vorrichtungen, in denen der aus engen Mündungen mit Gewalt strömende Wasserdampf durch seine rückwirkende Kraft (wie das Wasser in der Segner'schen Wassermaschine §. 19), oder durch seinen Stoß gegen die Schaufeln eines Rades u. s. w. Bewegung hervorbringt, sollen als nicht hierher gehörig ganz übergangen, auch nur nebenher erwähnt werden, daß Mathäsius, Prediger zu Joachimsthal in Böhmen (gestorben im Jahre 1568) in der 12ten Predigt seiner Sarepta oder Bergpostille eine kurze, und der Marquis von Worcester in einem kleinen, 1663 herausgegebenen Buche (*The century of inventions* oder *the scantlings of one hundert inventions*, Entwurf zu 100 Erfindungen u. s. w. als die 68ste) eine etwas ausführlichere Beschreibung einer Vorrichtung zum Wasserheben gibt, die sehr viele Aehnlichkeit mit der gleich näher zu betrachtenden Savery'schen Dampfmaschine hat. Die Erfindung der Dampfmaschine beginnt mit dem Patente, welches der Capitän Savery im Jahre 1698 auf eine Wasserschöpfmaschine von folgender Einrichtung nahm. Zuvor muß bemerkt werden, daß der Druck der atm. Luft auf jeden Quadratzoll Fläche ungefähr 12,5 W. Pf. beträgt, und daß er einer 28 Zoll hohen Quecksilbersäule oder einer 32 W. Fuß hohen Wassersäule das Gleichgewicht hält (§. 314). In Fig. 136 ist A der Dampfkessel oder Dampferzeuger, worin das bis z z reichende Wasser beliebig erhitzt werden kann, dessen Dämpfe keinen andern Ausweg als durch das Rohr n n haben, welches mittelst des Hahnes y zu öffnen oder zu schließen ist, und durch welches der Dampfkessel mit dem kupfernen Cylinder B communicirt. Dieser Cylinder reicht mittelst des nicht über 30 Fuß langen Saugrohres p in ein Wasserbehältniß o, und hat seitwärts das Steigrohr q: das Saugrohr ist mit dem Ventile x, das Steigrohr mit dem Ventile v, die sich beyde nur nach oben öffnen, versehen. Mittelst der zwey mit Hähnen versehenen Röhren r und s kann man sich von dem Wasserstande in dem Dampfkessel überzeugen. Diese Vorrichtung dient dazu, das Wasser aus der Cisterne o zu heben und in irgend einer Höhe des Steigrohres q auszugießen. Soll sie in Thätigkeit kommen, so wird das Wasser im Dampfkessel A bis etwas über den Siedepunct erhitzt, dann der Hahn y geöffnet: der Dampf strömt alsogleich durch den Cylinder B, drückt selbst das Ventil x zu, öffnet sich dagegen das Ventil v, und entweicht durch das Steigrohr q, nimmt aber die atm. Luft, womit früher der Cylinder

gefüllt war, mit. Wann man meint, daß der Dampf alle atm. Luft aus dem Cylinder fortgeführt habe, wird der Hahn y geschlossen, und der Cylinder B durch Begießen mit kaltem Wasser abgekühlt: der darin befindliche Dampf verdichtet sich zu Wasser und hinterläßt einen leeren Raum, in welchen die atm. Luft durch das Steigrohr q zwar eindringen will, sich aber durch Zudrücken des Ventils v selbst den Weg versperret; da sie aber ihren Druck auf das Wasser in der Cisterne o ausübet, so steigt dieses in dem Rohre p in die Höhe, hebt das Ventil x und füllt den Cylinder z. B. bis u u an. Unterdessen haben die Dämpfe in dem Kessel A wieder eine mächtige Spannung erlangt, der Hahn y wird neuerdings geöffnet, die in den Cylinder strömenden Dämpfe drücken auf das darin befindliche Wasser, dieses kann durch das Saugrohr p nicht zurück, weil es das Ventil x zudrückt, und muß also im Rohre q in die Höhe steigen. Nachdem es ganz in dieses Rohr gedrückt, und der Cylinder B wieder mit Dämpfen gefüllt ist, wird der Hahn y geschlossen, durch Abkühlen des Cylinders wieder der leere Raum hervorgebracht; das in dem Steigrohre q befindliche Wasser kann wegen des Ventils v nicht zurück, der Cylinder füllt sich also mit neuem Wasser aus der Cisterne u. s. w. Auf solche Art wird das Wasser in dem Steigrohre zu einer Höhe gehoben, die mit der Spannung der Dämpfe in dem Kessel A im Verhältnisse steht, nähmlich für jede Atmosphäre Spannung um 32 W. Fuß. Diese Saug- und Druckmaschine brauchte sehr viel Aufwand an Brenn-Material, weil die Dämpfe beym jedesmahligen Eintreten in den Cylinder B durch Abkühlen, sowohl an den Seitenwänden als auch an der Oberfläche des Wassers u u, sehr viel an Spannung verloren, und eigentlich erst auf das Wasser zu drücken anfingen, nachdem sie zuvor den Cylinder gehörig erwärmt hatten. Später brachte Savery die Verbesserung an, daß er das Abkühlungswasser durch eine eigene Vorrichtung in den Cylinder selbst spritzte, wozu eine sehr kleine Menge hinreichte, dann daß er in dem Cylinder eine Holzscheibe von dem nähmlichen Durchmesser anbrachte, welche mit dem Wasser stieg und fiel, dadurch die unmittelbare Berührung der Dämpfe mit dem Wasser hinderte, folglich auch das Condensiren derselben durch Abkühlen verminderte u. s. w. Ungeachtet dieser Verbesserungen forderte die Savery'sche Saug- und Druckmaschine zur Hebung einer gewissen Wassermenge noch immer sehr viel Brennmaterial, und war dabey, wegen der nothwendig großen Spannung der Dämpfe, nicht ohne Gefahr.

Eine wesentliche Verbesserung erhielt die Dampfmaschine 1705 durch Newcomen, einem Eisenhändler aus Dartmuth, der über den Dampfkessel A (Fig. 137) den oben offenen, und unten mit dem Dampfkessel durch das Rohr m m communicirenden, genau gebohrten Messingcylinder B setzte, in welchem sich der Stämpel r luftdicht auf und

ab bewegen, und diese Bewegung mittelst der Kolbenstange s einem Wagbalken mittheilen konnte, an dessen zweyten Arme die Pumpenstange u. s. w. befestigt war. Beym Anlassen dieser Maschine wurde der Stämpel r ganz niedergedrückt, dann der Hahn y geöffnet: es strömten Dämpfe ein, die, wenn ihre Elasticität nur wenig jene der Atm. überstieg, den Stämpel hoben. Nachdem dieser bis nahe an die obere Mündung des Cylinders gekommen war, wurde der Hahn y geschlossen, durch etwas in den Cylinder mittelst einer Nebenvorrichtung eingespritzten Wassers der Dampf verdichtet, dadurch unter dem Stämpel ein leerer Raum hervorgebracht, der Stämpel darauf durch den Druck der Atm. wieder herabgebracht, und so durch abwechselndes Einlassen und Verdichten der Dämpfe in steter Bewegung erhalten. Weil hier eigentlich der Druck der Atm. die Bewegung hervorbringt, und der Dampf nur durch Wegschaffung dieses Druckes unter dem Stämpel oder durch Hervorbringung des leeren Raumes mitwirkt, so hat man diese Maschine mit Recht atmosphärische Dampfmaschine geheißen. Der zum Oeffnen und Schließen der Hähne angestellte Knabe Humphry Potter, dem sein Geschäft lange Weile machte, brachte die Hähne durch Schnüre mit andern Theilen der Maschine so in Verbindung, daß sie sich durch den Gang der Maschine öffneten, und wurde dadurch der Erfinder der Steuerung. Eine große Unvollkommenheit dieser Maschine blieb, ungeachtet der von H. Brigthon 1718 angebrachten Verbesserungen, immer die Abkühlung, welche der Cylinder durch das Einspritzen von Wasser nach jedem Zuge erlitt, und welche so beträchtlich war, daß von dem beym nächsten Zuge eintretenden Dampfe immer 0,75 verdichtet wurde, und nur 0,25 zum Ausfüllen des Cylinders gasförmig übrig blieb, daß also, statt eines Cylinders voll Dampf, derer 4 verbraucht wurden.

James Watt, 1736 geboren, zum mathematischen Instrumentenmacher erzogen, und seit 1757 Aufseher des mathematisch-physikalischen Cabinets an der Universität Glasgow, der sein Nachdenken bey Gelegenheit der ihm übertragenen Reparatur eines Newcomen'schen Dampfmaschinen-Modells auf diesen Gegenstand gerichtet hatte, half mit Berathung seiner Freunde, der beyden Professoren Robison und Black, diesem Uebelstande durch den Condensator ab; d. h. er setzte den Boden des, nicht auf, sondern zur größeren Festigkeit, neben dem Kessel angebrachten, und mit schlechten Wärmeleitern umgebenen Cylinders, durch eine mittelst eines Hahns zu verschliessende Röhre mit einem luftdichten Behälter von Blech, dem Condensator, in Verbindung, welcher in beständig erneuertem kalten Wasser stand, und öffnete, um den Dampf unter dem Stämpel, nachdem dieser bis an die obere Mündung des Cylinders getrieben worden war, zu verdichten, statt Wasser einzuspritzen, den Hahn dieser Röhre: der

Dampf strömte sogleich in den kalten Condensator, verdichtete sich dort zu Wasser, und in dem Cylinder entstand, ohne Abkühlen desselben durch eingespritztes Wasser, der leere Raum. Nachdem der Stämpel durch den Druck der Atm. wieder am Boden des Cylinders angelangt war, schloß sich der Hahn der zum Condensator führenden Röhre, es öffnete sich dafür derjenige, der den Dampf aus dem Kessel zuließ u. s. w. Um das in dem Condensator durch Verdichtung des Dampfes erzeugte Wasser zugleich mit der darin befindlichen Luft auszuleeren, brachte er eine durch den Gang der Maschine selbst in Bewegung erhaltene Luftpumpe an; und um den Condensator bey mäßiger Größe wirksamer zu machen, wurde in demselben durch den sogenannten Injectionshahn dem eintretenden Dampfe etwas kaltes Wasser entgegengespritzt. Durch diese Watt'sche Verbesserung ersparte man mehr als die Hälfte des vorher nöthigen Brenn-Materials. Der Stämpel selbst war, um ihn bey verminderter Reibung möglichst luftdicht schliessen zu machen, mit einer dünnen Schichte Wassers bedeckt.

Die eben beschriebene sogenannte atmosphärische Condensations-Dampfmaschine suchte Watt durch Verminderung der Abkühlung, welche der Cylinder beym Hinabgehen des Stämpels theils durch die atm. Luft, theils durch die auf dem Stämpel liegende Wasserschichte erleidet, weiter zu verbessern, indem er den Cylinder auch oben schloß, die Kolbenstange luftdicht durch eine Stopfbüchse in dem Deckel führte, dadurch den Zutritt der Atm. ganz abhielt, aber statt ihrer Dampf eintreten ließ. Diese eigentlich Watt'schen Condensations-Dampfmaschinen werden in einfach- und in doppelt-wirkende eingetheilt. Bey den einfach-wirkenden vertheilt sich der aus dem Kessel mit einer den Druck der Atm. wenig übersteigenden Elasticität kommende Dampf ein Mahl gleichförmig unter und über dem Stämpel in dem Cylinder, wo dann der Stämpel durch das Uebergewicht der anderen Maschinentheile (des Balanciers) in die Höhe gezogen wird; dann aber wird der unter dem Stämpel befindliche Dampf in den Condensator geleitet, während der Cylinder oberhalb des Stämpels mit dem Dampfkessel in freyer Communication bleibt, weßhalb der Cylinder durch die dem Drucke der Atm. gleiche Elasticität des Wasserdampfes in den unterhalb seiner gebildeten leeren Raum getrieben wird u. s. w. Einfach-wirkend heißen diese Maschinen, weil der Stämpel durch den Dampf bloß hinabgedrückt wird, und nach aufgehobenem Drucke durch das Gegengewicht der Maschinentheile hinaufgezogen werden muß, so daß also die Maschine beym Hinaufgehen des Stämpels an Kraft nicht allein nichts erhält, sondern im Gegentheile von der beym Hinabgehen erhaltenen etwas verliert; daher diese Maschine bloß zum Wasserheben u. dgl., aber nicht zu solchen Arbeiten, welche eine unausgesetzte Kraftanwendung erfordern, selbst kaum zur Bewe-

gung eines Schwungrades angewendet werden kann. — Allen diesen Unzukömmlichkeiten half Watt durch die Erfindung der doppeltwirkenden Condensations-Dampfmaschinen ab, in welchen der Dampf abwechselnd über und unter den Stämpel strömt, doch so, daß er, während er über dem Stämpel aus dem Dampfkessel eintritt, unter dem Stämpel zum Condensator entweicht, und so umgekehrt; daß also der Stämpel durch die Elasticität des Dampfes ein Mahl von oben gegen den unterhalb ihm befindlichen leeren Raum, das andere Mahl von unten nach oben in den über ihm gebildeten leeren Raum gedrückt wird; daß folglich keine Gegengewichte nothwendig sind, um den Stämpel hinauf zu ziehen, sondern daß der letzte beym Hinaufgehen so wie beym Hinabgehen der mit ihm verbundenen Maschine gleiche Kraft mittheilet. Die doppelt wirkenden Maschinen verzehren zwar die doppelte Menge von Dampf, gewähren aber auch die zweyfache Wirkung, und können, da ihre Thätigkeit nicht aussetzet, zur Hervorbringung jeder Art von Bewegung verwendet werden, vorzüglich wenn man diese vorher einem Schwungrade von hinlänglicher Masse mittheilet, um die Trägheits-Momente beym Wechseln des Auf- und Niedergehens des Stämpels auszugleichen. Später brachte Watt bey seinen Maschinen noch eine dampfsparende Verbesserung an: er ließ nähmlich beym Aufsteigen des Stämpels den Dampf unter denselben nicht so lange einströmen, bis der Stämpel ganz oben war, und beym Absteigen des Stämpels nicht so lange, bis er ganz unten war, sondern in jedem Falle nur so lange, bis er ungefähr die Hälfte dieses Weges zurückgelegt hatte; dann wurde der zum Dampfkessel führende Hahn geschlossen, und das gänzliche Hinauf- oder Herabdrücken des Stämpels der Expansivkraft des im Cylinder abgesperrten Dampfes überlassen; wodurch zugleich, da die Geschwindigkeit der Bewegung gegen das Ende jedes Kolbenzuges abnahm, die heftige Erschütterung beym Wechseln des Auf- und Niedergehens vermieden wurde. Maschinen mit dieser Einrichtung werden auch Watt'sche Expansions-Maschinen, oder Watt'sche Maschinen mit Expansion genannt. Watt erhielt sein Patent 1769, welches 1774 erneuert wurde und bis 1799 dauerte. Er errichtete in Verbindung mit Math. Boulton eine Dampfmaschinenfabrik zu Soho nächst Birmingham, ließ sich von den Abnehmern seiner Maschinen, während der Dauer seines Patentes, ein Drittheil der Kohlenersparung zahlen. Fig. 138 stellt die Haupttheile einer Watt'schen doppelt wirkenden Condensationsmaschine im senkrechten Durchschnitte dar: A B ist der Cylinder, z der Stämpel, y die Kolbenstange, x die Stopfbüchse im Deckel des Cylinders, C die aus dem Dampfkessel kommende Röhre, u w stellt einen doppelt durchbohrten Hahn dar; die Röhre a führt den Dampf in den Cylinder über dem Stämpel, b unter den Stämpel

c c in den Condensator D, der in der Cisterne mit kaltem Wasser E E E stehet, und mit dem Injectionshahne t versehen ist; F ist die Luftpumpe zur Entleerung des Condensators, G die Pumpe, welche die Cisterne E E mit kaltem Wasser versieht, H ist ein kleines Behältniß zur Aufnahme des aus dem Condensator gepumpten heißen Wassers, welches durch die kleine Druckpumpe e zum Theil in den Dampfkessel zurückgetrieben werden kann, um den durch die verbrauchten Dämpfe erlittenen Verlust zu ersetzen. Der Hahn u w ist so gestellt, daß der obere Theil des Cylinders mit dem Condensator, der untere Theil dagegen mit dem Dampfkessel in Verbindung stehet, wie es beym Aufsteigen des Stämpels z der Fall seyn muß; macht aber der Hahn eine Viertelumdrehung nach was immer für einer Seite, so setzet er (wie in Fig. 139) den Obertheil des Cylinders mit dem Dampfkessel, den Untertheil mit dem Condensator in Communication, und der Stämpel muß herabgedrückt werden.

Watt brachte in seinen Dampfkesseln eine den Druck der Atm. nur wenig übersteigende Spannung hervor, daher war zum Gehen seiner Maschine die gleichzeitige Hervorbringung eines möglichst leeren Raumes auf jener Seite des Cylinders, welche der Dampf aufnehmenden entgegengesetzt ist, eine nothwendige Bedingung; denn hätte er den Dampf, statt ihn im Condensator zu Wasser zu verdichten, frey in die Atm. entweichen lassen, so würde auf demselben Wege die Atmosphäre eingetreten seyn, und ihren Druck an die Stelle des Dampfdruckes gesetzt haben, womit, da der Druck beyder, wie gesagt wurde, ziemlich gleich war, nichts gewonnen gewesen wäre. Wenn man aber in einem starken Schließkessel Dämpfe erzeugt, die bey einer T. von $+97^0$ R. eine dem doppelten Drucke der Atm. gleiche Elasticität besitzen, so bedarf man des leeren Raumes nicht mehr; man kann also den Dampf, nachdem er auf einer Seite des Stämpels seine Dienste geleistet hat, frey in die Atm. entweichen lassen; denn da nun auf die andere Seite des Stämpels Dämpfe mit einer dem Drucke von zwey Atmosphären gleichen Elasticität drücken, so wird nur ihre halbe Kraft zur Ueberwindung des Widerstandes der Luft verwendet, mit der andern Hälfte, die dem einfachen Drucke der Atm. gleich ist, wird der Stämpel bewegt. Verhältnißmäßig noch geringer ist der Verlust an Kraft, wenn in dem Kessel Dämpfe von einer dem drey-, vier-, zehnfachen Drucke der Atm. gleichen Elasticität erzeugt werden. Diese Einrichtung haben die von Trevethic 1802 zuerst im Großen ausgeführten Dampfmaschinen mit hohem Drucke, oder Hochdruckmaschinen (*highpressure-engine*). Da bey diesen Maschinen alle Vorrichtungen zur Hervorbringnng eines leeren Raumes, also der Condensator, das zu seiner Abkühlung nothwendige große Behältniß mit sich stets erneuerndem kalten Wasser (die Kaltwasser-Cisterne) die Luftpumpe u. dgl. m.

ganz entbehrlich sind, so ist ihre Construction viel einfacher, Raum ersparender und wohlfeiler, sie sind leicht auf Räder zu setzen, auf solche Weise ortsveränderlich zu machen, also auf Schiffen, Lastwägen, und an solchen Orten, wo es an der zum Abkühlen des Condensators nothwendigen Menge kalten Wassers fehlt, anwendbar. Ueberdieß lassen sich die Dämpfe, nachdem sie in Hochdruckmaschinen ihre Dienste als bewegende Kraft geleistet haben, noch zum Heitzen von Wohnungen, Werkstätten, Trockenstuben, zum Erwärmen oder Abdampfen von Flüssigkeiten, in Dampfkochapparaten u. dgl. m., verwenden. In Amerika hat man Dampfmaschinen mit mehr als 100 Pf. Druck auf den Quadratzoll. Diese allerdings sehr bedeutenden Vorzüge werden aber durch die Gefahr, welche die mit so sehr gespannten Dämpfen gefüllten Kessel beym Zerspringen ihrer Nachbarschaft drohen, zum Theil aufgewogen, erfordern also bey ihrer Anwendung viele Vorsicht.

Im Jahre 1804 fand Arthur Woolf, daß das schon von Watt entdeckte Expansionsgesetz des Wasserdampfes an dem hochgespannten Dampfe einen bey weitem höheren Grad habe, indem der letztere die Eigenschaft besitze, seinen Raum (vorausgesetzt, daß seine T. nicht vermindert wird) so oftmahl, als sein Druck auf Einen engl. Quadratzoll Fläche jenen der Atmosphäre in engl. Pfunden übersteigt, erweitern zu können, ehe seine Elasticität auf den einfachen Druck der Atm. reducirt wird, daß also Dampf, dessen Druck auf einen Quadratzoll jenen der Atm. um 6 engl. Pfund übertrifft, sich auf das 6fache Volumen expandiren könne, und doch noch eine dem Drucke der Atm. gleiche Elasticität behalte. Er gründete darauf eine Dampf ersparende Verbesserung der Hochdruckmaschinen; indem er nähmlich mit einer Hochdruckmaschine eine Condensationsmaschine verband, deren Cylinder jenen der ersteren 5 bis 8 Mahl an Capacität übertraf, in seinem Dampferzeuger Dampf von beyläufig 40 Pf. Druck (über jenen der Atm.) auf den Quadratzoll entwickelte, diesen zuerst in den Hochdruckcylinder, und nachdem er hier seine Dienste geleistet hatte, nicht in die Atm., sondern in den 8 Mahl größeren Cylinder der Condensationsmaschine strömen ließ, in deren Condensator er nach Leistung dieses wiederhohlten Dienstes, zu Wasser verdichtet wurde. Nach Woolf's Theorie hätte der Cylinder der Condensationsmaschine 40 Mahl größer seyn sollen; allein die Erfahrung hatte gelehrt, daß bey dem Verhältnisse von höchstens 8 : 1 die Maschine die besten Dienste leistete. Als Dampferzeuger braucht Woolf nicht Einen Kessel, sondern mit Verminderung der Gefahr und Ersparung von Brennmaterial ein System von Röhren oder Cylindern, die mit Wasser gefüllt unter einem kleinen Winkel mit dem Horizonte über den Feuerherd gelegt werden, und sich in einen größeren Quercylinder münden, in welchen sich der in ihnen, wegen der großen, dem Feuer dargebothenen Berührungsfläche, häufig entwik-

kelte Dampf ansammelt. Vor der Dampferzeugung in einem solchen Röhrenapparate ist man der schwierig zu bewerkstelligenden dampfdichten Verbindung, der deßwegen häufig erfolgenden Anstände, Unterbrechungen und Reparaturen wegen, großen Theils wieder zurückgekommen.

Im Jahre 1823 hat Perkins, ein seit mehreren Jahren in England ansäßiger Kupferstecher aus Philadelphia, ein Patent auf eine neue Art von Dampfmaschinen genommen: er entwickelt in einem ganz in Feuer stehenden Gefäße (generator) von Kanonengut mit 3 Zoll dicken Wänden Dämpfe von einer so hohen Spannung, daß sie gegen den Quadratzoll wenigstens mit 500 Pf. drücken, während alle Theile der Maschine so gearbeitet sind, daß sie einen Druck von 4000 Pf. auf den Quadratzoll auszuhalten vermögen, und das Sicherheitsventil bey einem Drucke von 1000 Pf. auf den Quadratzoll sich öffnen muß. Der 18 Zoll lange Cylinder einer Perkins'schen Maschine, welche im Ganzen nur 48 Quadratfuß Raum bedeckte, hatte nur 2 Zoll im Durchmesser, der Stämpel machte aber in 1 Minute 200 Züge von 12 Zoll Länge, der Dampferzeuger faßte nur 1848 engl. K. Zoll Wasser, und die Maschine leistete mit 0,9 Kohlenersparung so viel als eine Watt'sche von 10 Pferdekräften (Gilb. A. 75, 117). In seinen neueren Maschinen soll Perkin's Dämpfe von 56 Atmosphären Spannung, also 1500 Pf. Druck auf den Quadratzoll anwenden, und bey 27 Atmosphären Druck 60 Stöße in der Minute machen.

Ein wesentlicher Bestandtheil der Dampfmaschinen, vorzüglich jener mit hohem Drucke, ist das Sicherheitsventil. Als solches braucht man gewöhnlich eine Klappe am oberen Theile des Dampfkessels, welches so mit Gewichten beschwert ist, daß sie sich, wenn der Druck der Dämpfe eine gewisse Zahl Pfunde gegen den Quadratzoll übersteigt, nach Außen öffnet oder hebt. Die Erfahrung hat gelehrt, daß Umstände eintreten können, wo ein solches Ventil, dessen Beschwerung über dieß der Willkühr des gemeinsten Arbeiters nicht entzogen ist, seine Dienste versagt. Die volleste Sicherheit gewähret dagegen die Durchbohrung des Kessels und Ausfüllung der Bohrlöcher mit einer leichtflüssigen Metallmischung: schmilzt die Metallmischung z. B. bey + 100° R.; so kann der Kessel nie eine höhere T. bekommen, ohne daß die Bohrlöcher sich durch Ausschmelzen der Metallmischung öffnen; die Dämpfe können folglich auch nie eine höhere Elasticität als von 62,628 P. Zoll Quecksilberhöhe, oder 28. W. Pf. Druckvermögen gegen den Quadratzoll erlangen. Auch sollte jeder Kessel mittelst der Bramah'schen Wasserpresse auf einen wenigstens 4 Mahl so hohen Druck probirt seyn, als er während des Gebrauches von den Dämpfen auszuhalten haben wird (Gesetzliche Maßregeln f. d. Sicherheit bey Dampfmaschinen; in Gilb. A. 75, 143).

Um die Kraft einer Dampfmaschine zu berechnen, muß man den Druck kennen, mit welchem der Stämpel in dem Cylinder bewegt wird. Dieser Druck steht immer mit der Fläche, welche der Stämpel der drückenden Atmosphäre oder dem drückenden Dampfe darbiethet, im geraden Verhältnisse; wird also z. B. auf einem Stämpel von 200 Quadratzoll Flächeninhalt doppelt so groß, als auf einem Stämpel von 100 Quadratzoll seyn. Dann stehet er im geraden Verhältnisse mit der Elasticität der Atm. oder der Dämpfe, welche auf einen Stämpel von bestimmtem Flächenraume wirken: bey den atmosphärischen Maschinen kann er bey uns nur zwischen 12 und 13 Pf. auf den Quadratzoll wechseln, weil das Gewicht der Atm. bey dem niedrigsten und höchsten bisher beobachteten Barometerstande so viel beträgt. Bey den Watt'schen Dampfmaschinen, so wie bey den Hochdruckmaschinen richtet sich dieser Druck nach der Wirkung, welche der Dampf durch seine Elasticität auf jeden Quadratzoll Fläche ausübet. Ein Stämpel von 24 Zoll im Durchmesser biethet oben so wie unten den Dämpfen eine Fläche von 452 Quadratzoll dar, wird also von der Atm. oder von + 80° R. heißem Wasserdampfe mit 452 × 12,6 = 5695 W. Pf., von + 100° R. heißen Dämpfen aber mit 452 × 28,5 = 12882 W. Pf. gedrückt. Die Leistung der Maschine kömmt aber nie dieser Dampfkraft gleich; denn bey den Hochdruckmaschinen ist immer der ganze Druck der Atm. auf die entgegengesetzte Seite des Stämpels, der in dem gegebenen Beyspiele 5695 W. Pf. beträgt, in den Condensationsmaschinen aber jener Druck abzuziehen, den die Dämpfe wegen unvollkommener Abkühlung im Condensator ausüben; denn das Wasser im Condensator hat gewöhnlich eine T. von + 30 bis 40° R., sein Dampf drückt also noch mit 1,5 W. Pf. auf den Quadratzoll, also mit 678 Pf. auf den Stämpel in dem angeführten Beyspiele zurück; dann bewegt sich der Stämpel selten vollkommen dampfdicht im Cylinder auf und nieder; ferner ist für die Reibung 0,25 der ganzen Kraft in Anschlag zu bringen; endlich erfordern die zum Gange der Maschine nothwendigen Bewegungen, z. B. der Luft- und Wasserpumpe, der Steuerung, einen nicht unbeträchtlichen Kraftaufwand; so daß bey kleinen Maschinen nicht ganz die Hälfte und bey großen Maschinen etwas über die Hälfte der auf den Stämpel wirkenden Dampfelasticität zur Hervorbringung der beabsichtigten Wirkung übrig bleibt. Practischer ist es daher, die Kraft einer Dampfmaschine nach der Wirkung, welche sie in einer gewissen Zeit hervorzubringen vermag, anzugeben: gewöhnlich nimmt man, von der ersten Anwendung der Dampfmaschinen, als Maßstab einer solchen Wirkung die Wassermenge an, welche eine Maschine in Einer Minute auf Einen Fuß Höhe treibt: eine Dampfmaschine also, die in einer Minute 330000 Pf. Wasser um Einen Fuß erhebt, ist 10 Mahl stärker als eine andere, die nur 33000 Pf. Was-

ser auf Einen Fuß erhebt. Da die Dampfmaschinen gewöhnlich zu solchen Arbeiten verwendet werden, wozu sonst Pferde gebraucht wurden, so ist es beynahe allgemein üblich geworden, das Leistungsvermögen einer Dampfmaschine nach der Pferdezahl zu bestimmen, derer Arbeit sie verrichten kann: daher hört man von Dampfmaschinen von 10, 20, 100 Pferdekräften sprechen. Allein dieser Ausdruck ist schon viel schwankender, indem Watt annimmt, daß ein (gewiß nur sehr starkes) Pferd während einer täglichen, achtstündigen Arbeit in Einer Minute eine Last von 32000 engl. Pf. um 1 engl. Fuß erhebt, Desaguliers aber dafür nur 27500, Smeaton gar nur 23000 Pf. gelten lassen will. Um sicher zu seyn, daß eine Dampfmaschine selbst unter ungünstigen Umständen die Arbeit einer gewissen Zahl Pferde leiste, ist es immer rathsam, ihr für jedes Pferd, welches sie ersetzen soll, 32000 Pf. Wirkungsvermögen zu geben. Dabey ist aber noch zu bemerken, daß die Pferde die genannte Wirkung nur durch acht Stunden täglich leisten, während eine Dampfmaschine mit größtem Vortheile ununterbrochen in Wirksamkeit erhalten wird, folglich bey gewissen Verrichtungen, wie z. B. beym Wasserheben in Bergwerken, für jede Pferdekraft, auf die sie gebaut ist, eigentlich drey zum Wechseln bestimmte Pferde ersetzen kann. — Vorzüglich wichtig ist die Vergleichung des Effects einer Dampfmaschine mit der Brennstoffmenge, welche sie verzehret. Weil jene der Wirksamkeit Abbruch thuenden Umstände mit der Vergrößerung der Maschine nicht im gleichen Verhältnisse wachsen, so leisten große Maschinen (bis auf jene Größen, welche die genaueste Construction nicht unmöglich machen) verhältnißmäßig mehr als kleine; so muß eine Watt'sche Maschine für Eine Pferdekraft einen Stämpel von 28 Quadratzoll haben, und in 1 Stunde über 20 Pf. Kohlen verzehren, um in jeder Minute 32000 Pf. Wasser 1 Fuß hoch zu heben; dagegen darf bey einer Maschine auf 100 Pferdekräfte der Stämpel für jedes Pferd bloß 19 Quadratzoll haben, und für jedes Pferd dürfen in 1 Stunde nur 5,6 Pf. Kohlen verzehrt werden. Mit einem Aufwande von 100 engl. Pfund Steinkohlen hebt auf 1 Fuß eine Watt'sche Maschine von 4 Pferdekräften 14400000 Pf., eine Maschine von 10 Pferdekräften 19800000 Pf., eine Maschine von 48 Pferdekräften 31680000 Pf., von 70 Pferdekräften 34620000 Pf., von 90 Pferdekräften 35640000 Pf. Die letzte ist die größte Wirkung, welche bisher mittelst einer Watt'schen Maschine mit 100 Pf. Kohlen geleistet worden ist; die mittlere Wirkung der Watt'schen Dampfmaschine ist nur 22722000 Pf. Die mittlere Wirkung der Woolf'schen Maschine nach längerem Gange ist für 100 Pf. Steinkohlenverbrauch 34091000 Pf.; in einem einzelnen Falle unter sehr günstigen Umständen 65000000 Pf. Eine Watt'sche Dampfmaschine auf 20 Pferdekräfte braucht in jeder Minute 615 engl. Pf. Condensationswasser,

Wenn es sich bestätigen sollte, daß eine Perkins'sche Maschine vergleichungsweise mit der Watt'schen 0,9 Kohlen ersparet, so muß sie mit 100 Pf. Kohlenaufwand in jeder Minute über 300 Millionen Pf. Wasser 1 F. hoch heben. Eine Savery'sche Dampfmaschine von mittlerer Größe hob in 12 Stunden mit einem Aufwande von 528 Pfund Kohlen 5040 K. Fuß Wasser 20 Fuß hoch, also mit 100 Pf. Kohlenverbrauch 1200000 Pf. auf 1 Fuß Höhe. Bey jeder Dampfmaschine, in welcher sich der Stämpel abwechselnd in entgegengesetzter Richtung bewegt, entstehet ein großer Kraftverlust dadurch, weil bey dem Wechsel der Richtung jedes Mahl das ganze Beharrungsvermögen der Maschine überwunden werden muß; die Ausführung von Rotationsdampfmaschinen, in denen eine Art von Stämpel in einem kreisförmigen Cylinder stets nach derselben Richtung umhergetrieben wird, ist aber mit so vielen Schwierigkeiten verbunden, daß man kein vollkommen gelungenes Resultat der bisherigen Versuche kennt.

Die Dampfmaschinen in ihrer heutigen Gestalt finden überall Anwendung, wo man eine bewegende Kraft braucht: die Hochdruckmaschinen können wegen des kleinen Raumes, den sie einnehmen, wegen ihres geringen Gewichtes, wegen der Entbehrlichkeit des Condensationswassers, sich mit dem bewegten Gegenstande zugleich mit fortbewegen, daher zu Dampfböten, Dampfwägen und dergl. m. verwendet werden. Anwendung des Dampfes zum Fortschleudern von Kugeln: Dampfkanonen, Dampfflinten. Im J. 1827 waren in Großbritannien 15000 Dampfmaschinen von der größten mit der Kraft von 600 Pferden in Cornwall bis zur kleinsten in Thätigkeit, welche nach einem Durchschnitte zusammen die Arbeit von 375000 Pferden, oder (die Kraft Eines Pferdes, nach Watt, jener von 5 1/2 Menschen gleich gesetzt) von 2 Millionen Menschen verrichteten. Jene Pferdezahl würde zu ihrem Unterhalte 750000 Acres Landes erfordern, welche nun zur Ernährung von beynahe 3 Millionen Menschen verwendet werden können. In Wien ist die erste Dampfmaschine schon im J. 1722 in dem fürstl. Schwarzenberg'schen Garten von dem berühmten Architekten E. J. Fischer von Erlach aufgestellt worden. Die seit drey Jahren in der k. k. Porzellanfabrike thätige Hochdruckmaschine arbeitet die Werktage der Wintermonathe hindurch unausgesetzt mit der Kraft von vier Pferden mit einem Aufwande von 5/4 Klafter weicher, 30zölliger Schwemmscheiter in 24 Stunden, und die abfallenden Dämpfe heitzen eine Reihe von Werkstätten, die früher mehr als das gleiche Brennmaterial zur Erwärmung mittelst gewöhnlicher Ofenfeuerung bedurft hatten.

Wen der Gang interessiret, welchen der menschliche Verstand in seinem Fortschreiten nimmt, der studiere die Geschichte der Erfindung

der allmähligen Verbesserung und der Anwendung der Dampfmaschinen. Die gelungenste Darstellung dieses Gegenstandes findet man in Millington's Experimental-Physik; aus dem Englischen. Weimar 1825; dann in Gehler's physikal. Wörterbuche (1826) 2, 417—504. Jahrb. des polyt. Instituts in Wien 1, 114.

316. Da das Verdampfen nur im unbegränzten leeren Raume ohne Hindernisse mit Ausnahme der eigenen Schwere und Cohäsion vor sich geht, bey dem Verdampfen in der Atmosphäre demselben die oben genannten Hindernisse entgegen stehen, derer Ueberwindung eine gewisse Kraft erfordert: so muß es hier um so schneller geschehen, mit je größerer Kraft es geschieht. Diese Kraft besteht in der Elasticität der Dämpfe, und diese hängt bey einer und derselben Flüssigkeit bloß von der T. ab. Folglich geschieht das Verdampfen um so schneller, je höher die T. der verdampfenden Flüssigkeit ist. Zwar verdampft, Versuchen zu Folge, Wasser (Eis) noch bey —15°, Schwefeläther bey —41°, Schwefelalkohol bey —50° R.; allein das Verdampfen geschieht dann in der atm. Luft so äusserst langsam, daß es bisher beynahe nur im luftleeren Raume bemerkt worden ist, und höret selbst in diesem ganz auf, wenn die der gegebenen T. entsprechende Elasticität die Schwere der verdampfenden Partikel nicht mehr zu überwinden vermag, welches dann die Gränze der Verdampfung für jede Substanz ist. Daher verdampfen einige Substanzen z. B. Silber, Eisen, die meisten Erden bey keiner T. der Atm.; andere, wie z. B. Quecksilber, verdampfen nur bey höheren Temperaturen der Atm., bey den niedrigen Temperaturen derselben aber nicht; noch andere, wie z. B. Wasser, Alkolhol, Aether verdampfen bey allen bekannten T. der Atm. Daher blieb ein Goldblättchen in einer Flasche hoch über einer Quecksilberfläche aufgehängt im Winter 1824/5 unverändert, während es im Sommer bey einer zwischen + 10 und 26° R. wechselnden T. unter übrigens gleichen Verhältnissen amalgamirt wurde. Wenn eine Flüssigkeit bis auf den Siedepunct erhitzt ist, so hat die Elasticität der in ihrem Inneren sich bildenden Dämpfe den zur Ueberwindung jener Hindernisse erforderlichen Grad erreicht; die Flüssigkeit höret auf, ihre T. und die Elasticität ihrer Dämpfe weiter zu erhöhen, und den Wst. zu leiten; alle ihr noch zugeführte W. wird zu ihrer Verwandlung in Dämpfe verwendet, derer T. jedoch jene der siedenden Flüssigkeit nicht übersteigt, welche also jenen Wst. im ge-

bundenen Zustande enthalten müssen. Wasser kann unter den gewöhnlichen Umständen nicht über + 80° R. erhitzt werden. Daher siedet keine Flüssigkeit in ihrem eigenen Elemente, d. h. keine Flüssigkeit kann zum Sieden gebracht werden, wenn sie in einem besonderen Gefäße, in einem mit derselben Flüssigkeit gefüllten offenen Kessel gestellt, und die letztere durch ein großes Feuer unter dem Kessel in dem lebhaftesten Sieden erhalten wird: Wasser siedet auf solche Weise nicht im Wasser, Quecksilber nicht im Quecksilber u. s. w.; darauf beruhet die Anwendung des Wasser- oder Marienbades; daher kann ein zinnernes Becken im stärksten Feuer nicht schmelzen, so lange Wasser darin ist; daher brennt Oehl nie an, wenn es mit etwas Wasser versetzt ist. Die Dämpfe einer Flüssigkeit können also in offenen Gefäßen keine größere Elasticität als jene erhalten, die ihnen beym Siedepuncte der Flüssigkeit, aus der sie sich erheben, zukömmt; so wie eine durch ein Gewicht gespannte Stahlfeder keine das letztere übersteigende Elasticität äußern kann: ein heftiges Feuer kann wohl bewirken, daß das Wasser lebhafter siedet, d. h. die mit der Elasticität des Siedepunctes versehenen Dämpfe schneller bildet und entwickelt, aber es kann dasselbe nicht heißer machen; wo es also darauf ankömmt, gewisse Stoffe durch einige Zeit der Einwirkung von siedheißem Wasser auszusetzen, wie es in der Kochkunst meistens der Fall, nützet das heftige Wallen nichts, ja schadet vielmehr, indem wegen der durch das schnelle Verdampfen öfters nothwendigen Erneuerung des Wassers, dieses wieder abgekühlt wird; soll aber eine Flüssigkeit schnell verdampfen, so kömmt man durch heftiges Sieden eher zum Ziele.

Der Satz, daß die Geschwindigkeit des Verdampfens mit dem Steigen der T. zunimmt, darf nicht ohne Einschränkung angenommen werden: wenn man auf einen eisernen, bis + 80° R. erwärmten Löffel einen Wassertropfen fallen läßt, so verdampft er in Einer Secunde; ist der Löffel hingegen weißglühend, so braucht er dazu 35 Secunden; zugleich bemerkt man, daß in dem letzten Falle der Tropfen sich mit außerordentlicher Geschwindigkeit um seine Achse dreht, und durch ein kleines Loch des weißglühenden Löffels nicht durchfällt. Dieser unter dem Nahmen des Leidenfrost'schen Versuches bekannten Thatsache ist die Beobachtung von Perkins analog, daß das Wasser aus seinem bronzenen Generator, wenn dieser einen Sprung bekommt, nicht ausläuft, so lange er heftig glühet; daß es aber beym Abkühlen allmählig auszulaufen anfängt; dann

das Experiment von Libri, daß ein an einem Metalldrahte hängender Wassertropfen an dem ersteren hinaufläuft, wenn der Draht nahe unter dem Tropfen erhitzt wird. Einige leiten diese Erscheinungen von einer durch die Hitze zwischen dem Tropfen und der Unterlage erregten Repulsion ab, welche den Tropfen immer in einiger Entfernung von der glühenden Unterlage hält, daher er auch die regelmäßige Gestalt hat, als ob er frey durch die Luft fiele. Andere sagen, durch die große Hitze der Unterlage werde bloß die Adhäsion zwischen dieser und dem Wasser aufgehoben, daher das letztere, wie z. B. auf einer fetten Unterlage, einen runden Tropfen bilde, welcher dann von den Dämpfen, die sich an seinem unteren Theile entwickeln, getragen, und immer in einiger Entfernung von der Unterlage gehalten werde. Sobald der Tropfen die Unterlage nicht berührt, kann ihm von dieser kein Wst. durch Leitung mitgetheilt werden; die strahlende Wärme aber passirt den durchsichtigen Tropfen, ohne ihn zu erwärmen; daher soll auch mit dunklen, opaken Flüssigkeiten der Leidenfrost'sche Versuch nicht gelingen. Endlich nehmen Einige an, bey dieser großen Hitze werde das Wasser zugleich zersetzt. — Den sichersten Beweis, daß Wasser auch als Eis verdampfet, gewährt die Erfahrung, daß gefrorne Wäsche, gefrorne frischgeschöpfte Papierbögen sehr gut trocknen; man sagt dann, der Frost habe das Wasser ausgezogen. — Nach den im Großen bey Dampfmaschinen gemachten Erfahrungen liefern 20 Quadratfuß Kesselfläche, die sich zwischen Wasser und Feuer befinden, in jeder Secunde Einen K. Fuß Wasserdampf, von einer dem Drucke der Atm. gleichkommenden Elasticität. Nach Dalton werden aus siedend heißem Wasser für jeden Quadratfuß Oberfläche in Einer Minute 780 W. Gran Dampf gebildet. Bey dem Siedepuncte haben die Dämpfe aller tropfbaren Flüssigkeiten eine gleiche Spannung, weil sie ein gleiches Hinderniß, nähmlich den Druck der Atmosphäre, zu überwinden im Stande sind: Vitriolätherdämpfe haben also bey $+ 28^0$ R. dieselbe Spannung, wie die Wasserdämpfe bey $+ 80^0$, wie die Quecksilberdämpfe bey + 282 R. u. s. w. Dalton stellte den Satz auf, daß die Elasticität der Dämpfe verschiedenartiger Flüssigkeiten nicht nur beym Siedepuncte, sondern auch im gleichen Abstande vom individuellen Siedepuncte gleich sey, daß also die Dämpfe des Aethers, der bey $+ 28^0$ siedet, nicht nur bey dieser T. dieselbe Spannung, wie die Wasserdämpfe bey $+ 80^0$ R. haben; sondern daß die Elasticität der Aetherdämpfe bey 0 R. jener der Wasserdämpfe bey $+ 52^0$ R. auch gleich sey, weil jene T. eben so weit unter dem Siedepuncte des Aethers, wie diese unter jenem des Wassers liegt. Diesem Satze zu Folge müßten die Dämpfe des Quecksilbers, dessen Siedepunct auf $+ 282^0$ R. fällt, beym Siedepuncte des Wassers ($= + 80^0$ R.) dieselbe Spannung haben, wie Wasserdampf bey 122^0 unter

Null. Parrot, Mayer, Ure und Despretz haben aber bey genaueren Versuchen jenes Dalton'sche Gesetz nicht ganz bewährt gefunden (*Ann. de chim. et phys.* 21, 155). Das Wasser vermehrt beym Uebergange in Dampf sein Volumen, nach Gay Lussac, 1700,6 Mahl; nach Watt 1788 Mahl. Nach dem Ersteren verhält sich das specifische Gewicht der atm. Luft zu jenem des Wasserdampfes, auf gleiche T. und auf gleichen Druck reduciret, wie 1,000 : 625, oder genauer wie 1,0000 : 0,6566. Ein Wiener Loth Wasser gibt nach Gay Lussac 1627 W. K. Zoll Dampf; nach Watt liefert ein Kubik-Zoll Wasser einen Kubik Fuß Dampf. Alkohol, Aether, Schwefelalkohol dehnen sich beym Verdampfen nicht so oft aus, ihre Dämpfe sind daher auch schwerer als jene des Wassers (Faraday, über das Stattfinden einer Gränze der Verdampfung, in Gilb. A. 85, 1).

317. Beym Zurückt[...]eten der Dämpfe in den tropfbaren oder starren Zustand, welches man gewöhnlich das Condensiren, Verdichten, oder auch das Zersetzen derselben nennet, nehmen sie meistens einen besondern Mittelzustand an, worin sie als eine Anhäufung sehr kleiner, wenig durchsichtiger Bläschen, oder als Nebel erscheinen. Es wird bewirkt: durch Abkühlen, durch Zusammendrücken, durch chemische Verwandtschaft. — Weil Dämpfe von einer gewissen Dichtigkeit zu ihrem Bestehen einen bestimmten Wärmegrad fordern, so müssen sie zum Theil tropfbar werden, wenn ihre T. unter diesen Punct sinkt. Dieses erhellet aus dem Vorigen. Daraus erklärt sich das Anlaufen oder Beschlagen kalter Gegenstände, die man in warme Zimmer bringt, das Anlaufen der Fensterscheiben geheitzter Zimmer im Winter von Innen, ungeheitzter Zimmer in den ersten warmen Frühlingstagen von Außen; der Thau, Daniell's Hygrometer und dergl. m. Darauf beruhen die chemischen Operationen des Destillirens, z. B. von Weingeist, Schwefelsäure, Quecksilber, wenn der Dampf an den kalten Wänden des Destillir-Apparats in Tropfen zusammenfließt, und des Sublimirens, z. B. von Salmiak, Schwefel u. dgl., wenn er sich an denselben in starrer Form ansetzt. — Durch Zusammendrücken werden Dämpfe zersetzt, wenn sie dadurch eine größere Dichtigkeit erlangen, als ihnen bey ihrer T. zukommt; so lange ein Dampf noch nicht den höchsten Grad von Dichtigkeit für seine T. erreicht hat, läßt er sich ohne Verlust seiner elastisch-flüssigen Form zusammendrücken. — Die chemische V. wirkt nicht allein der Bildung der Dämpfe entgegen (§. 313), sondern sie führt auch schon

gebildete Dämpfe in die zwey andern Aggregat-Formen zurück. Es ist bekannt, daß Schwefelsäure mehr als ihr 6faches Gewicht Wasserdampf aus der Atm. anziehen, und in tropfbarem Zustande mit sich verbinden kann; das Zerfließen vieler Substanzen an der Luft, z. B. von Kali, Calciumchlorid; die Volums- und Formveränderungen vieler anderer, z. B. der Darmsaiten, der Haare, des Fischbeins, das Werfen des Holzes und dergl. m., überhaupt die sogenannten hygroskopischen Eigenschaften der Körper sind dieser Ursache zuzuschreiben. Diese Erscheinungen treten um so auffallender ein, je mehr sich die Dämpfe ihrem höchsten Grade von Dichtigkeit bey einer bestimmten T. nähern: an manchen Tagen trocknen Substanzen in der Luft, die an andern darin feucht werden oder zerfließen; hierauf beruht die ganze Hygrometrie.

Aus dem oben Gesagten wird man erklären können, warum Zink und Antimon für sich allein nur schwierig destillirt und sublimirt werden können, da doch diese Operationen bey der Reduction von Zink- und Antimonoxyd mit Zusatz von Kohle sehr leicht erfolgen: im ersten Falle befinden sich im Apparate bloß Zink- und Antimondämpfe; diese drücken auf die neu zu bildenden Dämpfe ihrer Art, und verhindern folglich das Verdampfen; im zweyten Falle ist der Apparat größten Theils mit dem aus der Verbindung der Kohle mit dem Oxygen gebildeten Kohlenoxydgas gefüllt, und verhält sich also gegen die Zink- und Antimondämpfe beynahe wie ein leerer Raum. Auf ähnliche Art erkläret sich das Uebergehen von manchen ätherischen Oehlen mit Wasser, wenn auch der Siedepunct der ersteren bedeutend höher als des letzteren liegt, des Jod mit Wasser, obschon jenes für sich allein erst bey + 144° R. siedet. Aus derselben Ursache verhindert selbst das leichteste Zudecken eines Kochgefäßes oder Schmelztiegels das Verflüchtigen mancher darin kochender oder schmelzender Substanzen sehr bedeutend.

318. Black wandte seine Lehre vom verborgenen Wste. auch zur Erklärung des Ueberganges starrer und tropfbarer Körper in elastisch-flüssige, und dieser in jene an, indem er durch folgende mit Wasser angestellte Versuche zeigte, daß bey der Dampfbildung Wst. gebunden, und bey dem Zurücktritte der Dämpfe in den tropfbaren oder starren Zustand, dieselbe Menge des gebundenen Wst's. wieder frey wird.

1) Wasser von + 8° R. wurde in einem dünnen, zinnernen Gefäße auf glühendes Eisen gestellt: in 4 Minuten stieg seine T. auf + 80° R., also um 72°, und es fing zu sieden an; die T. blieb nun

immer 80°, bis das Wasser nach 20 Minuten ganz verdampft war. Da es in den ersten 4 Minuten 72° Wst. erhalten hatte, so mußte es in 20 Minuten 5 Mahl so viel, also 360° bekommen haben. Diese wirkten aber nicht auf das Thermometer, denn der Wasserdampf zeigte auch nur + 80°; folglich sind sie gebunden worden, um das Wasser in Dampf zu verwandeln. — Wasser wurde im Papin'schen Topfe auf + 164° R. erhitzt, dann der Deckel geöffnet: es entwich schnell der 5te Theil des Wassers als Dampf, und das Thermometer fiel von 164° auf 80°. Durch Verdampfen des 5ten Theils sind demnach 84° Wst. gebunden worden: folglich würde das ganze Wasser 84 × 5 = 420° Wst. gebunden haben, und es wäre das ganze Wasser auf ein Mahl verdampft, wenn seine T. vorher hätte auf 500° R. gebracht werden können. — Beym Verdampfen des Wassers unter dem Siedepuncte wird eben so viel Wst. gebunden, als beym Verdampfen während des Siedens.

2) Wird ein Theil Wasserdampf von + 80° R. mit 9 Theilen Wasser von + 14° R. vermischt, so wird jener auf Ein Mahl zu Wasser und die T. der Mischung ist 66°. Jeder der 9 Theile Wassers hat also 52° Wst. erhalten, welche zusammen 52 × 9 = 468° R. ausmachen; der Dampf hat aber nur 14° verloren: folglich müssen von ihm dem Wasser noch über 454° mitgetheilt worden seyn, die in ihm enthalten waren, ohne seine T. zu erhöhen. Deßwegen wird das Wasser in den Kühlgefäßen der Destillirapparate so heiß. Darauf beruht das Destilliren und das Erhitzen von Flüssigkeiten durch Wasserdampf, wie auch das Heitzen von Sälen und Zimmern durch denselben, wenn er mittelst Röhren durch die zu erwärmenden Räume geleitet wird.

319. Als Mittelzahl aus den genauesten Versuchen kann man annehmen, daß Wasser von + 80° R., um in Dampf von + 80° verwandelt zu werden, 432° R. Wst. binden, und daß bey dem Uebergange des Dampfes in Wasser eben so viel Wst. frey werden muß. Ein Pfund Wasserdampf von + 80° in eiskaltes Wasser geleitet, kann demnach 5,4 Pf. des letzteren bis zum Siedepuncte erhitzen, oder 7,2 Pf. Eis schmelzen. Daher brauchen Dampfmaschinen so viel Condensationswasser (262 W. Eimer in 24 Stunden für Eine Pferdekraft).

Nach Clement und Desormes, La Place, Poisson, Despretz ist die Wärmemenge, welche in einem bestimmten Gewichte Wasserdampfs gebunden ist, für alle Temperaturen genau dieselbe, wenn sich der Wasserdampf auf dem höchsten Grade seiner Dichtigkeit für die jedesmahlige T. befindet. Ein Pfund Wasserdampf von + 80° schmelzt nach G. G. Schmidt, 5,4 Mahl so viel Eis, al

1 Pf. tropfbares Wasser von $+ 80^0$ R., woraus ebenfalls 432^0 R. als gebundene Wärme für den Wasserdampf berechnet werden. Nach Despretz's neuesten Versuchen (in *Ann. de chim. et phys.* 21, 143 und 24, 329) bindet beym Uebergange in Dampf das Wasser 425 bis 432^0, der Alkohol (von 0,793 spec. G. bey $+ 8^0,4$ R.) 166^0, der Vitrioläther 73^0, der Schwefelalkohol 64^0, das Terpenthinöhl 61^0, das Jod und der Schwefel noch viel weniger R. Grade Wärmestoff. Die Zahlen geben an, um wie viel Grade die zum Verdampfen jeder der gegebenen Substanzen erforderliche Menge von Wst. ein gleiches Gewicht Wasser erhitzt haben würde, wenn jener Uebergang nicht erfolgt wäre. Die zur Verwandlung verschiedener Substanzen in Dampf erforderliche Menge Wst. stehet mit der Dichtigkeit der gebildeten Dämpfe beynahe im umgekehrten Verhältnisse; denn auf 0 R. reducirt ist das specif. G. der Dämpfe des Wassers = 0,624, des Alkohols = 1,613, des Vitrioläthers 2,586, des Schwefelalkohols 2,644, des Terpenthinöhls 5,010, des Jod's 8,610 u. s. w.

320. Von den Lüften, die ihren elastisch-flüssigen Zustand durch keine bisher mögliche Herabsetzung der T., sondern bloß durch die Verwandtschaft mit andern Stoffen verlieren können, ist es noch nicht ausgemacht, ob bey ihrem Uebergange aus einem Zustande in den andern, jederzeit Wst. frey oder gebunden werde. Die Erfahrung scheint gegen diese Analogie mit den Dämpfen zu sprechen, weil öfters gerade Wärme bemerkt wird, wenn sich Lüfte entbinden, d. h. aus dem starren oder tropfbaren Zustande in den elastisch-flüssigen übergehen, z. B. wenn kohlensaurer Kalk durch Salzsäure zerlegt wird: da aber in diesem und in ähnlichen Fällen das Entbinden der Gasarten auch von andern chemischen Einwirkungen begleitet ist, so kann man aus denselben keine zuverlässigen Schlußfolgen ziehen. Wenn sich salzsaures Gas und Ammoniakgas mit einander zu starrem Salmiake verbinden, sollte viel mehr Wst. frey werden, als man dabey bemerkt. Dieselben Bemerkungen gelten auch von dem Uebergange aus der starren Form in die flüssige, wenn damit zugleich andere chemische Prozesse verbunden sind.

Man nennet den gebundenen Wst. der Dämpfe, der durch bloße Herabsetzung der T. von den Grundlagen getrennt werden kann, auch wohl adhärirend gebunden; den gebundenen Wst. der Gasarten aber, der durch keine, bisher bekannte Herabsetzung der T., sondern nur durch die größere Verwandtschaft anderer Körper zur Grundlage frey wird, chemisch gebunden. — Faraday fand bey seinen gelungenen Versuchen, viele für permanent-elastisch gehaltene

Gasarten durch gleichzeitige Anwendung von Kälte und Druck (§. 307) zu tropfbaren Flüssigkeiten zu condensiren, daß diese Gasarten ihren Raum bis nahe an den Liquefactionspunct genau dem Drucke entsprechend, dann aber bis zur wirklichen Liquefaction in einem viel größeren Verhältnisse verminderten; gleichsam so, wie tropfbare Substanzen nahe an ihrem Siedepuncte sich in einem größeren Verhältnisse ausdehnen (§. 290).

Nach Black's scharfsinniger Theorie kann man sich mehrere, mit Wärme oder Kälte vergesellschaftete Erscheinungen erklären. Wenn man ein Schälchen mit Aether unter der Glocke der Luftpumpe in ein anderes größeres Gefäß mit Wasser setzet, und die Luft auspumpt, so verdampft der Aether schnell und das Wasser gefriert. So kann man Wasser durch seine eigene Verdünstung gefrieren machen, wenn man den entstandenen Wasserdampf von irgend einem zugleich unter die Glocke gebrachten Körper, z. B. von concentrirter Schwefelsäure, scharf getrocknetem Hafermehle, sehr gut getrocknetem, fein gepulvertem Berlinerblaue (Berzelius in Schweigg. J. 30, 33), überhaupt durch Substanzen, welche im hohen Grade hygroskopisch sind, absorbiren läßt, dadurch den leeren Raum immer wieder herstellt, damit die Verdünstung ununterbrochen schnell fortgehen könne. Auf ähnliche Weise hat man durch Verdampfen von noch flüchtigeren Flüssigkeiten, z. B. von Aether, Schwefelalkohol u. dgl. im luftleeren Raume, sogar Quecksilber gefrieren gemacht. Die reine Blausäure, welche unter dem gewöhnlichen Luftdrucke bey + 20° R. schon siedet, und bey — 12° R. gefrieret, biethet das überraschende Phänomen dar, daß, wenn man sie tropfenweise aus einem Fläschchen fallen läßt, die Hälfte des Tropfens sich schnell verflüchtigt, die andere Hälfte aber als ein kleiner Eiszapfen hängen bleibt. Wollaston's Kryophor besteht, wie das Temperamentenglas, aus zwey gläsernen Kugeln, die an einer horizontalen Communications-Röhre herabhängen, ist ganz luftleer, und mit weniger Wasser, als eine Kugel fassen kann, gefüllt: ist das Wasser ganz in der einen Kugel, und steckt man die andere in eine Frostmischung, so werden die Wasserdämpfe hier condensirt, es müssen sich immer neue aus dem Wasser in der andern Kugel entwickeln, bis dieses gefriert. Eine ähnliche Einrichtung hat das Daniell'sche Hygrometer, nur wird die eine Kugel, statt durch Eis durch verdampfenden Aether abgekühlet (Gilb. 70, 135). — Im Sommer kann die Hitze in Zimmern durch das Verdünsten von aufgespritztem Wasser erträglich gemacht werden. Daher das Gefühl von Kälte, wenn man aus dem Bade steigt, wenn man mit schwitzendem Körper in einen Luftzug kommt u. dgl. m. Durch Verdünsten des mit der Hitze zunehmenden Schweißes kann der Mensch in so verschiedenen Temperaturen die seines Körpers immer nahe an + 30° R. erhal-

ten, und dadurch zum Bewohner aller Himmelsstriche werden. Dadurch nur war es den englischen Gelehrten (Fordyce, Banks, Solander, Blagden) möglich, 8 Minuten lang in einem Zimmer auszuhalten, in welchem das Thermometer auf 101° R. stand, in welchem ein Ey in 20 Minuten schon zu stark, und Fleisch, auf welches Luft mit einem Blasebalge geblasen wurde, in 30 Minuten gar gebraten wurde. Zum Gelingen dieses Versuches trug die schlechte Leitungsfähigkeit der Luft viel bey. In den Salzdörrkammern (Salzpfieseln) der Saline zu Hallein arbeiten Menschen, nach meinen eigenen Versuchen, bey einer T. von + 92° R.; bey manchen Reparaturen eines im Gange befindlichen Hochofens wahrscheinlich noch bey höheren Temperaturen. Auch in den engl. Feinspinnstuben steigt die T. über 30° R., in den Bergwerken von Tyne und Wear arbeiten die Menschen bey + 53° R. Darauf beruht auch die Eigenschaft der Alcarazzas oder Hydroceramen, d. h. Trinkgefäße aus einem porösen Thone, welche das erhaltene Getränk durchsickern lassen: dieses verdampft auf ihrer Oberfläche, bindet W., entzieht diese dem Inhalte des Gefäßes, und kühlt es dadurch ab; so wie überhaupt Alles, was Verdünstung veranlaßt oder befördert, Kälte erregt. — So wie man in dem oben angeführten Beyspiele durch Verdampfen eines Theils Wassers den andern, wegen der großen Menge des dabey gebundenen Wsts. festwerden sah; so wird in andern Fällen, z. B. beym Uebergießen von lebendigem Kalke mit etwas Wasser, durch das Starrwerden eines Theils Wassers und das damit vergesellschaftete Freywerden von Wst. der andere in Dampf verwandelt. Wenn man den (+ 80° R. heißen) Dampf siedenden Wassers über feinpulverige Salze treibt, die zum Wasser eine große Verwandtschaft haben, so condensirt er sich und bildet mit dem Salze eine tropfbare Flüssigkeit, deren T. sich endlich dem Siedepuncte einer gesättigten Lauge dieses Salzes nähert, also + 80° R. weit übersteigt, die Salzauflösungen verdichten so lange Wasserdämpfe, als sie ihren Siedepunct nicht erreichen, entbinden also eben so lange aus den zersetzten Wasserdämpfen Wst. Daraus folgt nothwendig, daß der Wasserdampf im Augenblicke seiner Entstehung immer die T. der tropfbaren Flüssigkeit hat, aus welcher er sich entbindet.

In Bengalen, wo unter den gewöhnlichen Umständen nie Eis entsteht, verschafft man sich dasselbe fabriksmäßig, indem man in ebenen Gegenden 30 F. weite und 2 F. tiefe Gruben gräbt, ihren Boden 8 bis 12 Zoll hoch mit trockenen Mais- oder Zuckerrohrstengeln bedeckt, und darauf Reihen von flachen, einige Zoll hoch mit Wasser gefüllten irdenen Gefäßen stellet, welche sich in hellen, windstillen Nächten, während ein zwischen die Töpfe auf Stroh gestelltes Thermometer 2 bis 5° über 0 steht, und die T. der Atm. noch viel höher ist, mit einer dicken Eisrinde bedecken. Sonst hielt man die durchs Verdünsten des Wassers

erregte Kälte für die Ursache dieser Erscheinung; damit stehen aber mehrere Umstände im Widerspruche; denn 1) wird die Eiserzeugung durch Wind verhindert; 2) thauet es in den Nächten, wo sich viel Eis erzeuget, häufig stark; es kann daher nicht zugleich Wasser niedergeschlagen und verdampft werden; 3) würde das erste gebildete Eishäutchen das weitere Verdampfen von der Oberfläche ganz hindern; durch die Töpfe kann kein Wasser sickern, weil sie häufig mit Fett eingelassen sind; 4) gelingt die Operation nicht, wenn das Stroh feucht ist. Diese Thatsache läßt sich, nach Wells, übereinstimmend mit allen begleitenden Erscheinungen aus dem großen Wärmestahlungsvermögen des Wassers erklären. Das Wasser strahlet gegen den leeren Himmelsraum mehr Wst. aus, als ihm die zwar wärmere, aber sehr schlecht leitende, umgebende ruhige Luft durch Leitung wieder ersetzen kann: dadurch kann seine T. viele Grade unter jene der Atm. sinken. Bey der Nachahmung des Verfahrens zu London in gläsernen und porzellanenen Gefäßen, erhielt Wells auch Eis, und zwar Ein Mahl auf 2 Unzen um 3 Gran mehr als er Wasser angewendet hatte. Klebt man auf zwey Glastafeln eines und desselben Fensters ein Blatt Staniol, aber auf der einen Scheibe von Außen, auf der andern von Innen; so wird sich, wenn das ganze Fenster von Innen anläuft, auf jener Stelle der ersten Scheibe, welche der äußeren Metall-Belegung gegenüber liegt, keine Feuchtigkeit zeigen, während sie an der inneren Staniol-Belegung häufiger als wo anders beobachtet wird: das äußere Staniolblatt verhindert den Durchgang der Wärmestrahlen aus dem Zimmer, der von ihm bedeckte Theil des Glases bleibt also wärmer, und läßt folglich auch die in der berührenden Luftschichte vorhandenen Wasserdämpfe unzersetzt; die innere Staniol-Belegung hingegen verhindert das Einstrahlen von W. aus dem Zimmer, aber nicht im geringsten das Ausstrahlen der W. des Glases nach Außen; diese Stelle muß also am meisten abgekühlt, dadurch zur Zersetzung der Dämpfe vorzüglich geschickt, und daher auch am reichlichsten mit Feuchtigkeit bedeckt werden. (Decourdemange's Mittel, das Wasser mitten im Sommer gefrieren zu machen; in Geiger's Magazin für Pharmacie (1825) Sept. 243). — Ganz auf dieselbe Weise entstehet Thau und Reif. Thau bildet sich am meisten in hellen, windstillen Nächten; bey bewölktem Himmel und windigem Wetter erzeugt sich gar keiner; der schon abgesetzte Thau verschwindet, wenn eine helle Nacht trübe und windig wird. An solchen Stellen, von denen man einen großen Theil des Himmels frey übersieht, werden Körper am meisten bethauet; eine leichte Decke, z. B. ein Stück ausgespannter Leinwand, schützet die darunter befindlichen Gegenstände vor dem Thaue; die auf einem horizontalen Brete liegenden Sachen werden oft stark bethauet, während die auf die untere Fläche des Bretes genagelten Gegenstände derselben Art gar keinen Thau

zeigen. In heiteren, auf Regen folgenden Nächten, dann im Herbste und Frühlinge, wo der Unterschied zwischen der Tag- und Nacht-Temperatur am größten, und wo die Nacht oder die Ausstrahlungszeit am längsten ist, setzet sich unter übrigens gleichen Umständen am meisten Thau ab. Auch unter ganz gleichen Verhältnissen werden verschiedenartige Körper nicht gleich bethauet: die Fähigkeit, bethauet zu werden, steht mit ihrem Strahlungsvermögen im geraden und mit ihrem Leitungsvermögen im verkehrten Verhältnisse: folglich besitzen es Metalle im geringsten, Glas, Wasser, thierische und vegetabilische Substanzen aber im hohen Grade. Schon vor dem Erscheinen des Thaues zeigen die damit zu bethauenden Gegenstände, z. B. das Gras, eine niedrigere T. als die umgebende Luft: Wells fand in einer heitern ruhigen Nacht ein mit seinem flachen Behälter auf kurzes Gras gestelltes Thermometer um mehr als 6° R. niedriger als ein anderes 4 Fuß über dem Boden in freyer Luft hängendes Thermometer; in finstern, windigen Nächten fand er das Gras niemahls kälter als die Luft. Aus diesen Erscheinungen abstrahirt Wells folgende, zur vollkommenen Erklärung der Thaubildung genügende Theorie. Gute Wärmestrahler und schlechte Leiter strahlen (im Schatten schon vor Sonnenuntergange) gegen den unbedeckten Himmelsraum mehr W. aus, als sie durch Zuleitung mittelst der Luft wieder erhalten; sie werden dadurch beträchtlich unter die T. der Atm. abgekühlt, und verdichten dann (gleich kalten Fensterscheiben) die in der umgebenden Luft vorhandenen Wasserdämpfe, die sich auf ihnen in Tropfen sammeln. Bedeckungen des freyen Himmelsraums, es sey durch Wolken, durch ein Dach, oder durch irgend einen Schirm, schicken den durch Ausstrahlen der unter ihnen befindlichen Erdoberfläche erhaltenen Wst. größten Theils wieder zurück, hindern die Erkältung und folglich auch die Thaubildung; bewegte Luft führt den Substanzen, vorzüglich wenn sie gute Wärmeleiter sind, den durch Ausstrahlung verlornen Wst. wieder zu (Wells Vers. ü. d. Thau; in Schweigg. J. 22, 187). Strahlt ein Gegenstand so viel Wst. aus, daß seine T. unter 0 sinkt, so gefriert der auf dieselben sich absetzende Thau und bildet den Reif, genau so wie im Winter die Fensterscheiben gefrieren. Daraus kann man sich erklären, warum im Frühjahre der Reif den Gewächsen mehr schadet, als Frost; weil beym Reife die Kälte, welche den Thau gefrieren macht, von der Pflanze ausgeht und diese ganz ungeschützt schon eine T. von Ein oder mehreren Graden unter 0 haben muß, ehe oder während sich der Reif bildet, und weil der Reif in seinen Wirkungen immer einem Froste nach Regen gleich zu achten ist.

322. Nach Black's Grundsätzen, verbunden mit der Erfahrung, daß bey chemischen Veränderungen der Körper zugleich ihre Capaci-

tät für den Wst. sich vermehren oder vermindern kann, lassen sich auch die Methoden erklären, künstliche Kälte zu erregen. Zu diesem Zwecke werden entweder zwey starre, oder ein starrer und ein tropfbarer Körper mit einander in Berührung gebracht, die durch ihre Einwirkung auf einander einen flüssigen Körper zu bilden streben. Damit der neu zusammengesetzte Körper flüssig werde, muß er eine gewisse Menge Wst. figiren oder in den latenten Zustand versetzen; dazu verwendet er nicht nur den Wst., der vorher seine T. erhöhte, sondern eignet sich denselben auch von seinen Umgebungen zu; durch diese Beraubung wird die T. der letzteren herabgesetzet. Zu kaltmachenden Mischungen oder Frostmischungen kommen vorzüglich solche starre Körper, die sehr viel Wasser erhalten, welches bey ihrer wechselseitigen Einwirkung gleichfalls flüssig wird, z. B. krystallisirte Salze, Schnee, Eis. Die größte Kälte, welche ein Salz durch seine Vermischung mit Schnee und Eis hervorbringen kann, ist diejenige, bey welcher eine gesättigte Auflösung dieses Salzes in Wasser krystallisirt oder gefriert.

Um beträchtliche Grade von Kälte zu erregen, müssen die Salze frisch krystallisirt, kurz vor der Anwendung fein gepulvert, wo möglich selbst schon kalt seyn, und sehr schnell gemengt werden. Die Gefäße, worin die Vermengung geschieht, müssen gleichfalls schon abgekühlt, dann sehr dünn und nur so groß seyn, um daß Gemenge bequem zu fassen. Auch müssen die Ingredienzen in einem solchen Verhältnisse genommen werden, daß bey der hervorzubringenden T. die Salze mit dem entstandenen Wasser gerade gesättigt seyen: ein Ueberschuß von Eis oder Salz, der nicht in die Verbindung eingeht, wird nicht flüssig und gibt etwas Wst. her, wodurch die sonst hervorgebrachte Kälte vermindert wird: so darf man z. B. auf 2 Theile Kochsalz höchstens $3^1/_2$ Theil Schnee nehmen. — Die größte Kälte, welche durch kaltmachende Mischungen hervorgebracht werden kann, ist (wenn man die W., welche durch das Flüssigwerden des Salzes selbst gebunden wird, vernachlässigt) derjenigen gleich, welche das verhandene Wasser bey seinem plötzlichen Uebergange aus dem starren Zustande in den tropfbaren zeigen würde, also (nach §. 310) — 60^0 R., wenn die T. der Materialien vor der Mengung 0 war. Die Erreichung dieses höchsten Kältegrades wird aber verhindert: a) durch die nothwendige Zuthat eines andern Körpers, der das Eis schmelzen macht, und der also dem entstandenen Wasser so lange von seinem Wst. mittheilt, bis die T. im Gleichgewichte stehen; b) durch die Wärmeentwicklung als Folge der chemischen Verbindung des entstandenen Wassers mit dem zugesetzten Salze.

Lowitz hat über Kälte erregende Mischungen die meisten Versuche gemacht, derer Resultate, durch Walker bestätigt, nachfolgende Tabelle enthält, in welcher die bey den Ingredienzen stehenden Zahlen Gewichtstheile bedeuten.

	Das Thermometer sinkt	
5 Salmiak, 5 Salpeter, 16 Wasser . . .	von + 10°	auf — 10° R.
Dieselbe Mischung mit 8 Glaubersalz . .	» + 10	» — 12½ »
1 salpetersaures Ammoniak, 1 Wasser . .	» + 10	» — 12½ »
1 salpeters. Ammoniak, 1 kohlens. Natron, 1 Wasser	» + 10	» — 11 »
3 Glaubersalz, 2 verdünnte Salpeters. .	» + 10	» — 12 »
6 Glaubersalz, 4 Salmiak, 2 Salpeter, 4 verd. Salpeters.	» + 10	» — 10 »
6 Glaubersalz, 5 salpeters. Ammoniak, 4 verd. Salpeters.	» + 10	» — 8 »
9 phosphors. Natron, 4 verd. Salpeters. .	» + 10	» — 9 »
9 phosphors. Natron, 6 Salmiak, 4 verdünnte Salpeters.	» + 10	» — 5 »
8 Glaubersalz, 5 Salzs.	» + 10	» — 14 »
5 Glaubersalz, 4 verd. Schwefels. . . .	» + 10	» — 14 »
1 Schnee, 1 Kochsalz	» 0	» — 14 »
3 salzsaurer Kalk, 2 Schnee	» 0	» — 36 »
4 Kali, 3 Schnee	» 0	» — 37 »
1 Schnee, 1 verd. Schwefels.	» — 5	» — 41 »
2 Schnee, 1 Kochsalz	» — 14	» — 17 »
1 Schnee, 1 verdünnte Salpeters. . . .	» — 14	» — 35 »
2 salzsaurer Kalk, 1 Schnee	» — 14	» — 44 »
1 Schnee, 5 Kochsalz, 5 Salmiak und Salpeter	» — 16	» — 22 »
2 Schnee, 1 verd. Schwefels., 1 verd. Salpeters.	» — 19	» — 40 »
12 Schnee, 5 Kochsalz, 5 salpeters. Ammoniak	» — 22	» — 25 »
3 salzsaurer Kalk, 1 Schnee	» — 32	» — 47 »
10 verd. Schwefels., 8 Schnee	» — 44	» — 55 »

Wenn man die Materialien vorher sehr abkühlt, z. B. auf — 20 oder — 30° R., so wird man allerdings noch tiefere Grade von Kälte als — 60° R. hervorbringen können: allein dieser Kunstgriff findet in dem Umstande seine Beschränkung, daß die chemische Einwirkung der Stoffe, von welcher doch eigentlich das Tropfbarwerden des im starren Zustande vorhandenen Wassers abhängt, mit dem Sinken der T. in gleichem Grade vermindert also langsamer wirkend wird, und endlich bey einer gewissen Kälte ganz aufhöret: so bringen

Schnee und Kochsalz von 0 durch ihr Vermengen eine Kälte von — 14° R. hervor; sind die zwey Materialien vor der Vermengung schon auf — 14° abgekühlt, so sinkt die T. nach der Vermengung nur auf — 17° R.; denn wie die Einwirkung der Ingredienzien einer kaltmachenden Mischung sehr langsam geschieht, kann der Erfolg wegen des Wärmeeinstrahlens und Zuleitens von Außen nie sehr groß seyn. — In London wird ein, nach Vauquelin's Analyse, aus 0,10 Salpeter, 0,32 Salmiak und 0,57 salzs. Kali bestehendes Pulver verkauft, welches, mit dem vierten Theile seines eigenen Gewichtes Wasser angerührt, die T. des letzteren um 16° R. herabdrückt, also wenn dieses Brunnenwasser von + 8° R. ist, auf — 8° R. Courdemanche erhielt denselben Effect, als er 5 Gthle. unverwitterte, gepulverte Glaubersalzkrystalle mit 4 Gthln. Schwefels. von 1,33 (oder Rückstand von der Aetherdestillation) anrührte.

323. Da das Wasser beym Uebergange in Dampf 440° R. Wst. bindet (§. 320); so müßte der Dampf, in welchen sich Wasser von 0° plötzlich verwandelt, eine T. von — 440° R. zeigen. Man braucht hier keinen Mittelkörper anzuwenden. Allein die Verdampfung geschieht nie plötzlich, sondern nur immer nach und nach, und nimmt in dem Verhältnisse ab, wie die T. sinkt (§. 318). Die größte Kälte, die man bisher durch Verdampfen von Wasser in dem entleerten Recipienten der Luftpumpe nach Leslie's Methode hervorgebracht hat, erreichte — 32° R. Durch Verdampfen von Schwefelalkohol brachte Marcet eine Kälte von — 50° R. hervor. Durch alle diese Mittel kann man doch höchstens eine Kälte von — 64° R. erzeugen. So viel beträgt auch die angeblich von Hutton, durch ein von ihm geheim gehaltenes Verfahren hervorgebrachte Kälte, wodurch er das Gefrieren von Richter's absolutem Alkohol gesehen haben will. Von noch Einem Mittel, Kälte zu erzeugen, wird §. 327* die Rede seyn.

Chemische Wirksamkeit des Wärmestoffes.

324. Der Wst. wird von den Chemisten häufig als ein Mittel gebraucht, Körper zu verbinden und zu zerlegen. Er eignet sich dazu, weil er 1) wie jeder andere Stoff durch seine Verbindung die Verwandtschaftskräfte anderer Körper abzuändern im Stande ist; 2) weil er auf die der chem. Verwandtschaft widerstrebenden Kräfte wirkt, die Cohäsionskraft vermindert, die Expansivkraft erhöht; 3) weil er die Ursache des zu jeder Verbindung nothwendigen flüssigen Zustandes ist.

Da das Leben der organischen Wesen in einem durch höheren Einfluß modificirten Spiele chem. Verwandtschaften besteht, dieses nicht ohne flüssigen Zustand Statt finden kann, und der letztere vom Wst. abhängig ist: so wäre ohne Wst. die ganze Natur eine erstarrte todte Masse, wozu wir sie an den Polen unserer Erde sich nähern sehen. — Bley wird von Kupfer, Alkohol von Wasser, Wasser von Schwefelsäure, und diese vom Eisenoxyde bloß durch Hitze getrennt. Einige Substanzen werden durch Hitze in ihre entferntesten Bestandtheile zerlegt; z. B. Ammoniakgas beym Leiten durch glühende Porzellanröhren. Die Bestandtheile anderer zusammengesetzter Körper werden bey hohen Temperaturen gezwungen, sich in anderen Verhältnissen zu verbinden; dahin gehören alle Substanzen organischen Ursprungs. Die durch einen Verbrennungsprozeß gebildeten Zusammensetzungen, z. B. Wasser und dgl., sind gewöhnlich durch bloße Hitze unzerlegbar; weil nur die mittelst sehr großer Verwandtschaften bewirkten chem. Verbindungen von Feuererscheinung begleitet sind, und weil im entgegengesetzten Falle diese Verbindungen im Augenblicke ihrer Entstehung wieder zerstöret worden wären. — Nicht durch Erhitzen allein erfolgen Zersetzungen, sondern auch durch Abkühlen und Gefrieren: auf diese Weise trennen wir Kochsalz (Eisgradirung), Essigsäure, Alkohol von Wasser, mehrere in Wasser gelöste Salze durch Krystallisation u. dgl. m. Von der chem. Wirksamkeit des Wsts. war in der Verwandtschaftslehre (§. 119) häufig die Rede.

Quellen der Wärme.

325. Die vorzüglichsten Quellen der Wärme sind die Sonne, der Stoß, die Reibung, die chemische Einwirkung der Stoffe, und die Elektricität. Von der letzten war bereits früher (§. 171 und 181) die Rede.

326. Es ist oben (§. 246) gezeigt worden, daß mit dem Sonnenlicht nebst leuchtenden und desoxydirenden auch wärmende Strahlen auf unsere Erde gelangen. Da aus der Sonne bloß strahlender Wst. kommen kann, so müssen durch die Sonnenstrahlen undurchsichtige, dunkel gefärbte und rauhe Körper mehr erwärmt werden, als durchsichtige, hellfärbige und polirte, indem jene einen größeren Theil der Wärmestrahlen absorbiren, diese hingegen durchlassen oder zurückwerfen (§. 297). Die Wärme, welche durch directe Sonnenstrahlen unter den gewöhnlichen Umständen hervorgebracht wird, übersteigt nie $+50^\circ$ R., weil die dem unmittelbaren Sonnenlichte ausgesetzten Körper, die in ihnen erzeugte W. zum Theil gleich wieder ausstrahlen, zum Theil von Leitern

umgeben sie weiter vertheilen. In Gewächshäusern, wo dieses Fortleiten der W. mehr Hindernisse findet, steigt die durch Sonnenschein hervorgebrachte T. höher als in freyer Luft. Saussure brachte in einer hölzernen Büchse, die inwendig mit oberflächlich verkohltem Korke ausgefüttert und mit einer dünnen Glasplatte, durch die das Sonnenlicht einfiel, bedeckt war, eine Hitze von + 87° R. hervor, während die T. der Atm. nur + 20° R. war. Prof. Robinson steigerte in einer ähnlichen Vorrichtung die T. bis + 91° R. — Wenn man die Sonnenstrahlen durch Brenngläser oder Hohlspiegel verdichtet, so kann man, wenn der Brennpunct auf einen undurchsichtigen und auch sonst gern Wst. absorbirenden Körper fällt, Temperaturen hervorbringen, welche die durch das am sorgfältigsten geleitete Feuer in dem besten Ofen hervorgebrachten bey weitem übertreffen: so wurden in London mit Parker's großem Brennglase von 3 Fuß im Durchmesser und beynahe 7 Fuß Brennweite, Platin, Nickel, reines Eisen, Smaragd, Carneol, Asbest, und noch andere von den strengflüssigsten Substanzen geschmolzen.

Durch die Sonnenstrahlen allein erhält die Erde einen wirklichen Zuwachs an Wst., oder vielmehr einen Ersatz des von ihr in den Weltraum ausgestrahlten Wst's.; denn durch die andern Mittel W. hervorzubringen, wird der auf der Erde schon vorhandene oder gebundene Wst. bloß in Freyheit gesetzt, oder unter die irdischen Körper anders vertheilt.

327. Daß durch den Stoß zweyer starrer Körper an einander Wst. entwickelt wird, ist eine sehr gemeine Erfahrung: eine Eisenstange kann von geschickten Schmieden durch bloße Hammerschläge zum Glühen gebracht werden; durch das Aneinanderschlagen von harten Steinen und gehärtetem Stahle werden die abgeschlagenen Stückchen Stahl bis zum Glühen erhitzt, und dadurch fähig, leicht feuerfangende Stoffe (Zunder) zu entzünden; dieß ist die Theorie des gewöhnlichen Feuerschlagens. Die Ursache der Wärmeentwicklung durch Stoß scheint in der vorübergehenden oder bleibenden Verdichtung zu liegen, die der gestossene Körper erleidet. Daß eine solche Verdichtung Statt findet, sehen wir aus der Zunahme des sp. Gewichts der gestossenen oder geschlagenen Körper Eisen hat nach dem Hämmern ein größeres sp. Gewicht als vor demselben; das specifische Gewicht des nicht gehämmerten Platins be-

trägt 19,500, des gehämmerten 21,343. So wie die Verdichtbarkeit eines Körpers durch fortgesetztes Hämmern oder Stossen abnimmt, vermindert sich auch die Wärmeentwicklung, und wenn endlich jene, wie z. B. beym Prägen, ganz verschwindet, hört das Freywerden von W. auch ganz auf. — Weil tropfbare Körper sich nur äußerst schwer und wenig verdichten lassen, so wird auch durch Stossen und Schlagen ihre T. nicht bemerkbar erhöht. — Bey Gasen kann die Verdichtung und damit auch die Temperatursteigerung durch schnelles Zusammendrücken in einem noch viel höheren Grade als bey starren Körpern Statt finden, wie dieß die pneumatischen Feuerzeuge (d. h. hohle Cylinder mit einem luftdicht passenden Stämpel, durch dessen schnelles Hineinstossen, und das dadurch bewirkte Zusammenpressen der eingeschlossenen Luft, der an ihn befestigte Zunderschwamm Feuer fängt), und die Entzündung des Oehles beym Pumpen der Windbüchsenflaschen auffallend beweisen. So wie bey der Verdichtung luftförmiger Kärper W. entstehet, so erscheint bey ihrer schnellen Verdünnung Kälte: während des Auspumpens der Luft aus einer Glocke fällt das darin befindliche Thermometer um mehrere Grade. Gay Lussac ließ stark verdichtete Luft aus einem Ballon in einen andern, gleich großen, luftleer gepumpten Ballon überströmen, und bemerkte, daß das Thermometer in dem zweyten um eben so viele Grade stieg, als es in dem ersten fiel. Bey dem schnellen Entladen einer Windbüchsenflasche entsteht häufig Eis an der Mündung. Dieselbe Erscheinung hat man zuerst an der Hell'schen Wasserhebmaschine in Schemnitz bemerkt.

Da, wie gezeigt worden ist, Entziehen von Wst. die Körper verdichtet, so muß ein gezwungenes Verdichten der Körper ihnen auch Wst. entziehen, also in Freyheit setzen (durch Verlust von Feuchtigkeit zieht sich das Thonhydrat zusammen; durch Zusammendrücken läßt der Thon Wasser fahren). Deßwegen ist der specifische Wst. gehämmerter Metalle geringer als der nicht gehämmerten; aus Mangel an diesem Wste. werden die Metalle durch Hämmern spröde, und durch Ersetzen dieses Mangels, z. B. durch Ausglühen, wieder dehnbar. Wenn die von einem brennbaren Körper abgeschlagenen Theile durch den freygewordenen Wst. sich entzünden, wie dieß mit den beym Feuerschlagen abgeschlagenen Stahlstückchen der Fall ist, so wird ihr Verbrennen zu einer neuen Quelle von Wst. Beym Aneinanderschlagen zweyer Kieselsteine, also unverbrennlicher Körper, entstehen auch Funken, und die auf einem Bogen weißen Papiers aufgefangenen Quarz-

stückchen erscheinen schwarz beschlagen: man hält dafür, die heißen Quarzstückchen haben die in der Luft zufällig vorhandenen, fremdartigen, brennbaren Theilchen entzündet, und sich mit dem von denselben zurückgelassenen Ruße überzogen; allein dieselbe Erscheinung soll auch beym Aneinanderreiben oder Schlagen zweyer Quarzstücke unter Wasser Statt finden. — Wenn man Luft in dem pneumatischen Feuerzeuge bis auf $1/_5$ ihres Volumens schnell zusammendrückt, so fängt Zunderschwamm Feuer; dieser entzündet sich auf schmelzendem Wismuth (+ 198° R) noch nicht, wohl aber auf schmelzendem Bley (+ 260° R.); man kann also annehmen, daß Zunderschwamm ungefähr bey + 230° R. zu brennen anfängt: folglich müssen durch das Zusammenpressen der Luft bis auf den fünften Theil ihres Volumens, oder bis auf ihre 5fache Dichtigkeit, 230° Wärme frey werden. Umgekehrt müssen demnach beym Ausdehnen von Luft auf ihr fünffaches Volumen, oder bis zum fünften Theile ihrer Dichtigkeit, 230° R. Wst. gebunden, und wenn also vorher die comprimirte Luft bis auf 0 abgekühlt war, durch diese Verdünnung eine Kälte von — 230° R. hervorgebracht werden. Stellt man sich nun vor, daß man Luft in einer hohlen Metallkugel bis auf ihre 20- oder 50fache Dichtigkeit zusammengepreßt habe, und ihr, nachdem man sie durch andere Mittel möglichst abgekühlt hat, durch eine geräumige Oeffnung schnell den Ausgang gestatte; so wird in der Kugel eine Kälte von mehreren tausend Graden R. unter 0 entstehen müssen: darauf gründet sich das schon von Edelkranz vorgeschlagene und von Gay-Lussac wieder in Anregung gebrachte (vielleicht von Hutton angewendete) Mittel, gränzenlose Grade von künstlicher Kälte hervorzubringen, in so fern die Permanenz der Elasticität der Gasarten keine Gränzen hat. Luft, die aus einem Blasebalge strömt, ändert ihre T. nicht, ungeachtet diese wegen der Ausdehnung, welche die Luft vor der Mündung der Düse erleidet, sinken sollte: die Luft strömt nur in so fern aus, als sie im Blasebalge zusammengedrückt wird; die Wärme, welche hierbey in Freyheit tritt, wird bey ihrer Ausdehnung vor der Mündung der Düse wieder gebunden. Dieser Fall tritt immer ein, wenn der Druck während des Ausströmens stets fortwirkt; wird aber Luft in einem Ballon mit festen Wänden comprimirt, so wird Wärme frey, und läßt man durch den geöffneten Hahn dieses Ballons die Luft, nachdem sie ihre T. mit jener der Umgebungen ins Gleichgewicht gesetzt hat, wieder ausströmen, so wird sie Kälte hervorbringen. Weil die atm. Luft sich um so mehr ausdehnt, oder um so dünner wird, je mehr sie sich über die Oberfläche der Erde erhebt, und um so mehr zusammengepreßt oder verdichtet wird, je näher sie dem Mittelpuncte der Erde dringt: so muß es schon aus dieser Ursache hoch in der Atmosphäre kalt, und tief in der Erde warm seyn.

328. So wie durch den Stoß, wird auch durch die **Reibung** starrer Körper Wst. entbunden: Menschen auf der ersten Civilisationsstufe **schlagen** mit leichter Mühe Feuer, der rohe Naturmensch verschafft sich mit großem Kraftaufwande sein Feuer durch **Aneinanderreiben** zweyer Sücke Holz. Durch Reiben entzünden sich manches Mahl die nicht geschmierten Wagenachsen, leergehende Mühlen u. dgl., die Zapfen der Maschinenräder werden dadurch heiß. Im Winter erwärmen wir durch Reiben die erstarrten Hände. — Durch wechselseitiges Reiben tropfbarer und gasförmiger Körper hat man noch keine Entwickelung von Wst. bemerkt; ja nicht einmahl durch Reiben flüssiger Körper an starren.

Diejenigen, welche Reiben für ein fortgesetztes Stoßen hielten, erklärten das Freywerden von W., so wie bey diesem, durch eine Verdichtung der geriebenen Körper; allein nach **Rumford's** Versuchen entwickelt sich durch Reiben Wst., ohne daß die geriebenen Körper oder ihre abgeriebenen Theile eine Verdichtung, oder eine Veränderung in ihrer Wärme-Capacität, oder auch irgend eine Art von Verbrennung erlitten hatten. **Rumford** ließ am Boden der Höhlung eines Cylinders von Kanonen-Metall einen stumpfen Bohrer mit einem Drucke von 10000 Pfund in Einer Minute 32 Umdrehuhgen machen: in 30 Minuten stieg die T. des Metalls von + 60° F. auf + 130° F., also um 70°, und doch hatten sich nur 837 Gran Metall ($^1/_{948}$ der ganzen Masse) abgerieben. Wenn das beschriebene Reiben verrichtet wurde, während der Metall-Cylinder in einer mit Wasser gefüllten Büchse eingeschlossen war, wurden 19 Pfund Wasser von + 12° R. in 2 $^1/_2$ Stunde siedend, welches sieben brennende Wachskerzen in dieser Zeit kaum zu bewirken im Stande gewesen wären. Die Späne und der Metall-Cylinder hatten nach dem Reiben dasselbe spec. Gewicht und denselben spec. Wst. wie vor demselben. Beym Stoßen und Schlagen hat die Entwicklung von Wst. ein Ende, wenn sich der Körper nicht weiter verdichten läßt; die Wärmestoffentbindung durch Reiben hat aber gar keine Gränzen, sondern dauert immer im gleichen Verhältnisse fort, so lange das Reiben anhält. Die Entstehung von W. durch Reibung, und besonders der zuletzt angeführte Umstand dabey, ist mit der Annahme eines Wärmestoffes schwer vereinbar, indem jeder Körper eine unerschöpfliche oder unendliche Menge desselben enthalten müßte.

329. Eine ungemein reichhaltige Quelle von freyem Wst. ist die **chemische Einwirkung** der verschiedenartigen Stoffe auf einander. Nach den früher aufgestellten Grundsätzen können chemisch-

zusammengesetzte Körper in ihren Eigenschaften ganz verschieden von ihren einzelnen Bestandtheilen seyn; sie können folglich auch eine ganz verschiedene Wärme-Capacität besitzen. Chemisch zusammengesetzte Körper haben meistens eine größere oder geringere Capacität für den Wst. als die Rechnung nach den bekannten Capacitäten der einzelnen Bestandtheile angibt: es gibt kaum zwey Stoffe, welche sich ohne alle Veränderung ihrer Wärme-Capacität mit einander verbinden; daher auch bey chemischen Verbindungen die Temperatur selten unverändert bleibt, wenn diese Veränderung wegen der zu langsamen Einwirkung auch oft unmerklich wird. Die Erfahrung lehret, daß in allen Fällen, wo die Stoffe durch Verbindung sich verdichten, die Wärme-Capacität vermindert, im entgegensetzten Falle aber vermehrt wird. Wenn bey der Zusammensetzung mehrerer Stoffe die Wärme-Capacität vergrößert wird, so reicht der in den einzelnen Bestandtheilen vorhandene Wst. nicht hin, ihr Compositum auf derselben T. zu erhalten; es entsteht also Kälte, wie dieß bey den angegebenen Methoden, künstliche Kälte zu erregen, der Fall war. Wird bey der chem. Einwirkung der Körper auf einander die Wärme-Capacität vermindert, so ist der Wst. der unverbundenen Körper im Stande, nach ihrer Verbindung ihre T. höher zu heben: es entsteht also bey einer mit Verdichtung verbundenen chemischen Einwirkung mehrerer Stoffe Wärme, so wie bey der Verdichtung eines einzelnen Stoffes durch mechanische Mittel (§. 327) Alkohol und Wasser, Schwefelsäure und Wasser, Schwefelsäure und Kali, Alkohol und Schwefelsäure oder Salpetersäure, Schwefelsäure und Kalk, Ammoniakgas und Wasser, gebrannte Bittererde oder lebendiger Kalk und Wasser, Chlor und Wasser u. a. m., verdichten sich bey ihrer Verbindung, und bringen dabey höhere Grade von W. hervor. Die W., welche wir bey allen drey Arten von Gährung wahrnehmen, entspringt aus dieser Quelle.

Man bemerkt, daß dort wo bey der chem. Einwirkung der Stoffe große Temperatursveränderungen Statt haben, häufig Wasser mit ins Spiel kömmt; ja in manchen Fällen entsteht sogar entweder Kälte oder Wärme, je nachdem Wasser vorhanden oder nicht vorhanden ist: so bringen z. B. krystallisirtes Kali, schwefelsaures Natron oder salzsaurer Kalk mit Wasser, mit Eis und Schnee Kälte, dieselben Salze aber im Feuer scharf getrocknet, ebenfalls mit Wasser, Eis und Schnee, Wärme hervor. Wenn durch die Anziehung verschiedenartiger Körper eben keine chemische Verbindung, sondern nur eine Verdichtung her-

vorgebracht wird, tritt ebenfalls Wst. in Freyheit, z. B. bey der Absorbtion von Gasen durch Capillarität (§. 112), bey dem Benetzen starrer Körper durch tropfbare (Pouillet über Wärmeentwicklung beym Benetzen; in Schweigg. J. 36, 193).

330. Zwey Arten von chemischer Einwirkung, die mit Entwicklung einer bedeutenden Menge von Wst. verbunden sind, der Verbrennungs- und Lebensprozeß, verdienen eine nähere Betrachtung.

331. Unter Verbrennen (dessen Anfang oder Einleitung Entzündung heißt) verstehen wir die gänzliche Veränderung der chemischen Natur eines Körpers, begleitet von Feuererscheinung, d. h. von einer beträchtlichen Wärme- und Lichtausscheidung. Jede genügende Theorie des Verbrennens muß also erklären, woher die Veränderung des Körpers und woher das Feuer kömmt. Wie wichtig diese Theorie ist, erhellet daraus, weil auf eine Veränderung in derselben immer eine gänzliche Revolution des chemischen Lehrgebäudes folgte. — Aristoteles stattete das Feuer, eines seiner vier Elemente, mit der Eigenschaft aus, alle brennbaren Körper in seine Natur zu verwandeln, und nur das als Asche zurück zu lassen, was zu seiner Nahrung untauglich sey. Dieses ist nur ein Bild für die Phantasie, auf welches sich viele Ausdrücke in unserer Sprache beziehen. — Stahl nahm bloß zur Erklärung des Verbrennens einen eigenen Stoff unter dem Nahmen Phlogiston an, den alle brennbaren Körper enthalten sollen, der beym Verbrennen aus ihnen entweicht, und durch eine eigene Bewegung während dieses Entweichens das Phänomen des Feuers hervorbringt. Außer dem, daß nach dieser Theorie Wärme und Licht bloß Erfolge der Bewegung eines unbekannten Etwas seyn sollen, läßt sich darnach nicht erklären, warum zum Verbrennen der Zutritt der atm. Luft oder der Lebensluft, oder die Berührung eines oxygenhaltigen Körpers nothwendig ist, und warum, da das Verbrennen in dem Verluste eines Bestandtheils, des Phlogistons, besteht, die aus dem brennbaren Körper nach dem Verbrennen erhaltenen Producte, z. B. die Phosphorsäure, mehr wiegen, als der ganze Körper, der Phosphor, vor dem Verbrennen gewogen hatte. Da übrigens das Phlogiston bloß angenommen war, weil man ohne dasselbe das Verbrennen gar nicht erklären zu können meinte; so fiel jeder Grund zu dessen weiterer Beybehaltung weg, wenn man diese Naturerscheinung aus den Ei-

genschaften und aus der Wirkungsart anderer schon bekannter Stoffe erklärte.

332. Die Beobachtung, daß zu den meisten Verbrennungsprozessen der Zutritt der Atmosphäre nothwendig ist; daß das Verbrennen desto vollkommener vor sich gehet, je mehr dieser Zutritt und die Erneuerung der atm. Luft durch einen Luftzug begünstigt wird; daß in einer bestimmten, abgeschlossenen Menge atm. Luft nur eine eben so bestimmte Menge des brennbaren Körpers verbrennen kann, und die übrige Luft sehr verändert, zur ferneren Unterhaltung des Verbrennens ganz untauglich zurückbleibet, führte schon die alten Naturforscher Hooke und Majow zu einer viel consequenteren, auf die Wechselwirkung zwischen der Luft und dem brennbaren Körper gestützten Theorie des Verbrennens. Als man später gelernt hatte, Gasarten zu behandeln und zu unterscheiden, konnte man untersuchen, worin die Veränderungen eigentlich bestehen, welche die atm. Luft durch das Verbrennen erleidet. Von nun an häuften sich die Thatsachen so sehr, daß man nur in der Eingenommenheit der Naturforscher jener Zeit für das Phlogiston den Grund findet, warum sie diesen selbstgemachten Götzen nicht früher aufgaben. Es blieb Lavoisier vorbehalten, durch Benutzung der Arbeiten seiner scharfsinnigsten Vorgänger und Zeitgenossen, dann durch das wichtige eigene Verdienst, Maß und Gewicht bey seinen Versuchen zu berücksichtigen, eine Erklärung des Verbrennens zu geben, wozu er keinen besonderen Stoff zu erdichten brauchte. Nach Lavoisier's Theorie zerfallen alle Naturkörper in Hinsicht auf das Verbrennen in zwey Haupt-Classen: in solche, welche im Stande sind das Verbrennen zu erleiden, welche er brennbare Körper (Brennkörper, Brennstoffe, combustible Körper) nannte, und in solche, welche diese brennbaren Körper verbrennen machen können, welche er feuernährende (comburirende) Stoffe hieß, und die wir kürzer durch Zündstoffe bezeichnen wollen. Die Eigenschaft der letzteren legte er allein dem Sauerstoffe in seinen Verbindungen mit Wärmestoff, wie er sich z. B. in der Lebensluft befindet, bey. Alle Körper, die sich mit Sauerstoffe verbinden können, rechnete er zu den brennbaren. Das Verbrennen selbst, wozu nebst dem brennbaren Körper immer Sauerstoff gehöret, geschieht nach Lavoisier, durch die einfache Wahlverwandtschaft, wobey der brennbare Körper auf die Zusammensetzung von Sauerstoff und

Wst. wirkt: er hat nähmlich bey einer gewissen, meistens erhöhten T. eine nähere Verw. zum Sauerstoffe, als dieser zum Wst.; daher verbindet sich der Sauerstoff mit dem brennbaren Körper, verändert dadurch seine Eigenschaften, vermehrt sein Gewicht, und läßt den vorher mit ihm (dem Sauerstoffe) verbundenen Wst. fahren. Den Lichtstoff, nach Lavoisier eine Nebensache, ließ er zugleich mit dem Wst. aus der Lebensluft frey werden.

333. Lavoisier's Theorie erkläret sehr genügend die gänzliche Veränderung in der Natur des brennbaren Körpers, indem derselbe eine chemische Verbindung mit dem Sauerstoffe eingeht, und dadurch ganz andere Eigenschaften erhalten kann. Sie zeigt auch, daß das Product des Verbrennens, z. B. die Phosphorsäure, immer so viel wiegt, als die verbrauchte Lebensluft und der verbrannte Körper (der Phosphor) zusammen gewogen hätten. In manchen Fällen läßt sich der Sauerstoff wieder von dem verbrannten Körper trennen, und dieser sich in seiner vorigen Gestalt, jener aber als Lebensluft mit unverändertem Total-Gewichte darstellen. Allein das Freywerden von Wärme und Licht, welches Lavoisier in seiner Theorie zu wenig beachtete, und der Umstand, daß Erhöhung der T. zur Entzündung nothwendig ist, finden darin keine so befriedigende Erklärung. Lavoisier betrachtete den Sauerstoff als die Quelle der freygewordenen W. Um das Freywerden der W. aus dem Sauerstoffe zu erklären, nahm er Anfangs an, daß der Sauerstoff beym Verbrennen durch die Verbindung mit dem brennbaren Körper aus dem elastisch-flüssigen in den tropfbaren oder starren Zustand übergehe, oder wenigstens verdichtet werde. Allein in vielen Verbrennungsfällen, z. B. in jenem der Kohle, geschieht weder Eins noch das Andere; denn das Sauerstoffgas nimmt nach der Verbindung mit der Kohle denselben Raum ein, den es vorher eingenommen hatte, und die Kohle geht dabey sogar aus dem starren in den elastisch-flüssigen Zustand über. Später nahm man an, die Wärme-Capacität der Verbrennungs-Producte sey geringer, als jene des verbrauchten Sauerstoffes und des verbrannten Körpers vor dem Verbrennen zusammen genommen. Dieß ging nur so lange an, bis die verschiedenen Körper, vorzüglich die Gasarten, auf ihre Wärme-Capacität genau untersucht waren; denn nun zeigte sich, daß nach dieser Theorie bey vielen Verbrennungen eher Kälte als W. entstehen sollte. Um Wasser zu bilden, verbinden sich mit sehr viel Wärmeausscheidung 12 Gthle.

Wasserstoff und 88 Gthle. Sauerstoff. Die specifische W. des Wassers ist = 1,000, also von 100 Thln. Wasser = 100,000, die des Wasserstoffgas = 3,2936, also von 12 Thln. Wasserstoffgas = 39,5, die des Sauerstoffgas = 0,2361, also von 88 Thln. Sauerstoffgas = 20,7. Würde die Capacität dieser zwey einfachen Substanzen durch die chemische Verbindung nicht geändert, so müßte die spec. W. von 100 Thln. Wasser seyn = 39,5 + 20,7 = 60: nun ist sie aber = 100, folglich größer; es sollte daher, statt der ungeheuren Wärme, Kälte entstehen. Endlich befindet sich der Sauerstoff als Zündkörper häufig im tropfbaren oder starren Zustande, so daß man die beym Verbrennen freygewordene W. nicht von derjenigen herleiten kann, die dem Sauerstoffe die Gasform gibt: so ist der Sauerstoff der Salpeter- und Chlorsäure, dann der salpeter- und chlorsauren Salze, Kohle, Schwefel, Phosphor, Arsen, und viele andere brennbare Stoffe zu verbrennen im Stande.

334. Um zu erklären, warum der Sauerstoff sich mit gewissen Substanzen ohne Verbrennungs-Phänomene, mit andern hingegen unter Feuererscheinung verbinde, und warum zur Entzündung Temperaturs-Erhöhung nothwendig sey, nahmen Andere an, daß, so wie der Sauerstoff in dem zum Verbrennen tauglichen Zustande immer mit Wst. vereinigt sey, der brennbare Körper sich in Verbindung mit Lichtstoff befinde; das Verbrennen geschehe durch doppelte Wahlverwandtschaft; der Sauerstoff verbinde sich mit der Grundlage des brennbaren Körpers, der Wst. des ersteren aber mit dem Lichtstoffe des letzteren zu Feuer. Wenn ein brennbarer Körper keinen Lichtstoff enthalte, wie z. B. das Azot, so verbinde sich mit ihm der Sauerstoff sammt seinem Wste. Durch die anfängliche Erhitzung werde die Verwandtschaft des Lichtstoffs zum brennbaren Körper geschwächt, dadurch die Summe der ruhenden Verwandtschaften so vermindert, daß die trennenden Verwandtschaften leichter das Uebergewicht bekommen können. Auch erhelle daraus, warum durch Erwärmen die Verbindung der lichtstofflosen Körper, z. B. des Stickstoffs mit dem Sauerstoffe, nicht befördert werde.

Diejenigen, welche den beym Verbrennen freywerdenden Lichtstoff lieber in dem brennbaren Körper, als in der Lebensluft suchen, führen mehrere Gründe für ihre Behauptung an. Erstens richtet sich sowohl die Qualität als die Quantität des Lichtes nach dem brennbaren Körper und nicht nach der Lebensluft; denn es ist bekannt, daß ver-

schiedene Körper auch mit einem verschieden gefärbten Feuer verbrennen; dann wird, wenn gleiche Quantitäten von Lebensluft zum Verbrennen von Phosphor und von Hydrogen verbraucht werden, bey der Zersetzung durch den ersteren doch bey weitem mehr Licht erscheinen, als bey der Zersetzung durch das letztere. Zweytens verbrennen nur Pflanzen, welche am Lichte gewachsen sind, sich also mit Lichtstoff verbinden konnten, mit lebhaftem Feuer; im Finstern gezogene Pflanzen, die sich schon durch ein ganz fremdes schwammiges Aussehen unterscheiden, glimmen nur. Drittens erhellet aus der Fähigkeit der brennbaren Körper, die Lichtstrahlen in einem größeren Verhältnisse als alle übrigen Naturkörper, zu brechen, daß sie eine größere V. zum Lichtstoffe haben; vermög dieser werden sie sich auch mit dem Lichte zu verbinden trachten, wo sie können, und daher meistens eine große Menge desselben gebunden enthalten. Aus dem letzten Umstande könnte man auch das Gegentheil folgern, indem jeder Körper zu einem andern um so weniger Verwandtschaft besitzt, je mehr jener mit diesem bereits gesättiget ist.

335. Es ist eine alte Erfahrung, daß viele Metalle, z. B. Kupfer, Eisen u. a. m. in dem Augenblicke ihrer Verbindung mit Schwefel und mit andern sauerstofflosen Substanzen von selbst erglühen, oder daß dieser Verbindungs-Act von einer Feuererscheinung begleitet ist: in den Zinnober-Fabriken bemerkt man jedes Mahl zur Zeit der Vereinigung des Quecksilbers mit dem Schwefel eine Art von Verpuffung, und man sieht eine hohe Flamme aus dem Sublimirkolben herausschlagen; Phosphor entzündet sich in Chlorgas schon bey der T. der Atm. und verbrennet darin zu Phosphorchlorid; ein Gemenge von gleichen Theilen Chlorgas und Hydrogengas bildet eine durch die directen Sonnenstrahlen entzündliche Knallluft; Kalium verbrennt in reinem Schwefelwasserstoffgas sehr lebhaft, es entsteht Schwefelkalium, und es bleibt reines Hydrogengas zurück; Phosphor und Jod in einem luftleeren Recipienten über trockenem Quecksilber in Berührung gebracht, entzünden sich, durch das Verbrennen entstehet Phosphorjodid, d. h. eine Verbindung von Phosphor und Jod. Diese und noch viele andere Beyspiele lehren, daß Verbrennungserscheinungen hervorgebracht werden können, ohne daß Sauerstoff unter irgend einer Form mit ins Spiel kömmt, und daß das Feuer überhaupt nur der Verkündiger einer sehr schnell und mit großer Verwandtschaftsthätigkeit vor sich gehenden chem. Verbindung ist. Das Verbrennen ist nach dieser Ansicht ein von Licht- und Wärmeausscheidung begleiteter energischer chemischer Verbindungs-Act

(§. 119, 127, 135). Darum lassen sich unter Feuererscheinung bewerkstelligte Zusammensetzungen durch bloße Hitze nicht trennen, weil sie durch sehr große Verwandtschaftskräfte bewirkt worden seyn müssen (§. 324). Da nur jene Stoffe mit großen Verwandtschaftskräften auf einander wirken, welche in ihrer chemischen Natur sehr verschieden sind, und da bereits oben §. 59 u. 135 die einfachen Stoffe in Hinsicht ihrer chem. Natur von dem negativesten bis zum positivesten geordnet worden sind: so können nur die Verbindungen solcher Stoffe mit Feuer begleitet seyn, welche in jener Reihe weit von einander abstehen. Die Eintheilung der Stoffe in Zündkörper und brennbare Körper hat eigentlich keinen Sinn mehr, indem beyde sich beym Verbinden, d. h. beym Verbrennen, gleich thätig verhalten; gewöhnlich nennet man jedoch noch den negativen Körper den Zündkörper und den positiven den brennbaren Körper: jeder vorhergehende Körper in jener Reihe ist also für jeden folgenden ein Zündkörper. Der Sauerstoff ist der negativeste Körper; er ist demnach von den meisten übrigen Stoffen in seiner chem. Natur sehr verschieden, verbindet sich aus dieser Ursache mit den meisten sehr energisch: folglich sind auch die Verbindungen desselben am häufigsten Verbrennungen. Der Sauerstoff bleibt theils deßwegen, theils wegen seiner allgemeinen Verbreitung, z. B. in der Atm., immer noch der vorzüglichste Zündkörper, der auch niemahls zum brennbaren Körper werden kann: wenn künftig vom Verbrennen ohne Zusatz die Rede seyn wird, so soll darunter immer das durch die Verbindungen des Sauerstoffs hervorgebrachte verstanden werden. Chlor, Jod, u. s. f. sind in ihrer chem. Natur dem Sauerstoffe sehr ähnlich, daher geht er mit diesen Stoffen Verbindungen ohne Verbrennungs-Phänomene ein; im Gegentheile können diese Stoffe wieder gegen andere mehr positive Körper, z. B. gegen einige Metalle, gegen Wasserstoff, Phosphor u. dgl. m., die Rolle der Zündkörper übernehmen, und sich mit ihnen unter Feuererscheinung verbinden. Der vorzüglichste bis jetzt bekannte brennbare Körper ist das Kalium.

Wenn man Zinnfolie auf ein dünnes Platinblech legt, beyde zusammenrollt, die Kanten der auf einer Kohle liegenden Rolle der Einwirkung einer Flamme aussetzet, so verbinden sich bey eintretender Rothglühhitze die beyden Metalle mit einer Art von Explosion und mit einer schönen Lichterscheinung, während die geschmolzenen Metalltheilchen in Gestalt von Funken herumgeschleudert werden (Ure's Handwörterbuch 673). — Auch manche chemische Trennungs-Acte sind mit

Feuererscheinungen verbunden, z. B. das Verpuffen des Euchlorgas, des Stickstoffchlorid's und Jodid's, des oxygenirten Wassers und noch e. a. — Weil einfache Stoffe in der Regel mit den größten Verwandtschaftskräften auf einander wirken, so geschehen auch ihre Verbindungen am häufigsten unter Feuererscheinung; doch wirken auch manche zusammengesetzte Körper, z. B. Säuren und Basen, so heftig auf einander, daß sie sich, wie z. B. die mit Schwefelsäure übergossene Bittererde, bis zum Glühen erhitzen. Bey Verbindungen durch die einfache und durch die doppelte Wahlverwandtschaft kann auch Feuer entstehen, wenn die Körper, welche die neuen Verbindungen eingehen, in ihrer chem. Natur viel entgegengesetzter sind, als jene, welche die alten Verbindungen bildeten: hierher gehört das Verpuffen der chlors. und salpetersauren Salze mit Kohle, das Entzünden von befeuchtetem Eisenprosulfurid u. dgl. m. Manche schon verbundene Körper gehen bey höherer T. eine noch innigere Verbindung ein; daher fangen einige Verbindungen beym Erwärmen zu glühen an (Berzelius in Schweigg. J. 30, 53), ohne eine Gewichtsveränderung zu erleiden. — Es dürfte zweckdienlich seyn, hier noch ein Mahl den §. 190 nachzulesen.

336. Weil sich beym Verbrennen immer zwey in ihrer chem. Natur sehr verschiedenartige Körper schnell mit einander verbinden müssen; solche Körper aber durch ihre wechselseitige Verbindung sich in ihren Eigenschaften am meisten verändern (§. 113, 126, 127, 134, 190): so läßt sich nach der elektrochemischen Verbrennungstheorie die auffallende Verschiedenheit des Verbrennungsproductes sowohl von dem comburirenden als combustiblen Körper, oder die gänzliche Veränderung der Natur des brennbaren Körpers, so wie auch die Gewichtszunahme des letzteren leicht erklären; denn der brennbare Körper muß so viel am Gewichte gewinnen, als sich von dem Zündkörper mit ihm verbindet: 100 Gthle. Wasserstoff verbrennen in Berührung mit Sauerstoff zu 989 Gthlen. Wasser, weil sich beym Verbrennen 889 Gthle. Sauerstoff damit verbinden. Läßt sich aber nach dieser Theorie die zweyte Haupterscheinung beym Verbrennen, das Feuer, eben so leicht erklären? Wenn verschiedenartige Elektricitäten von größerer Spannung sich neutralisiren, d. h. wenn positive und negative E. sich wechselseitig schnell verbinden, so entsteht Feuer: bey dem Entladen einer Leidner Flasche zeigt sich der elektr. Funke, zwischen den hinlänglich genäherten Poldrähten eines mächtigen Volta'schen Apparates bildet sich ein Feuerstrom, welcher alle Wirkungen des Feuers im höchsten Grade leistet, ohne daß irgend

eine Verbrennung, d. h. eine kräftige Verbindung ponderabler Materien Statt findet (§. 181). Das Product der schnellen wechselseitigen Verbindung hinlänglich gespannter entgegengesetzter Elektricitäten ist also stets Feuer. Wenn nun gezeigt werden kann, daß bey dem gewöhnlichen Verbrennen sich auch entgegengesetzte Elektricitäten mit einander verbinden, so ist die Quelle des dabey erscheinenden Feuers aufgefunden. Damit zwey Körper sich so schnell und kräftig mit einander verbinden, wie es zum Verbrennen nothwendig ist, müssen sie eine große wechselseitige Verwandtschaft haben; diese haben sie nur dann, wenn sie in ihrer chem. Natur sehr verschieden sind; dieses sind sie nur dann, wenn ihr elektrisches Verhalten bedeutend entgegengesetzt ist; in dem letzten Falle bildet sich bey ihrer wechselseitigen Berührung ein starker elektrischer Gegensatz, d. h. der eine Körper wird stark positiv, der andere in eben demselben Grade negativ elektrisch; diese elektr. Spannung steigt bis zum Momente des chem. Verbindungs-Actes; in diesem verschwindet sie aber auf Ein Mahl gänzlich, und statt ihrer erscheint Feuer. Ein elektr. Gegensatz oder eine elektr. Spannung kann nur dann verschwinden, wenn sich die entgegengesetzten Elektricitäten, wodurch sie hervorgebracht wurde, wechselseitig verbinden oder neutralisiren; folglich haben sich bey dem chem. Verbindungs-Acte die entgegengesetzten Elektricitäten, welche die zwey ponderablen Körper kurz vor demselben zeigten, verbunden. Das Resultat der Verbindung entgegengesetzter Elektricitäten ist aber Feuer: folglich ist beym Verbrennen das Feuer eben so das unwägbare Verbindungsproduct der unwägbaren entgegengesetzten Elektricitäten, derer Träger die zwey ponderablen Körper waren, wie der aus der Verbindung der letzteren entstandene neue Körper das wägbare Verbrennungsproduct ist.

Wenn man will, kann man auch nach dieser Ansicht das Verbrennen durch die doppelte Wahlverwandtschaft erklären. Der comburirende Körper, z. B. der Sauerstoff, bestehet aus der ponderablen Sauerstoff-Basis und aus negativer Elektricität; der combustible Körper, z. B. der Phosphor, besteht aus der ponderablen Phosphor-Basis und aus positiver Elektricität: beym Verbrennen verbindet sich die ponderable Basis des Sauerstoffs mit jener des Phosphors zu Phosphorsäure, die negative E. des Sauerstoffs aber mit der positiven E. des Phosphors zu Feuer.

Feuer.

Sauerstoff	negative Elektricität	positive Elektricität	Phosphor
	ponderable Sauer-stoff-Basis	ponderable Phos-phor-Basis	

Phosphorsäure.

Gleich wie eine schwache Volta'sche Säule sich keinen Funken entlocken läßt; gleich wie eine Leidnerflasche durch einen spitzigen Entlader langsam ohne Funken entladen werden kann: so gehen solche chem. Verbindungen, welche durch schwache Verwandtschaftskräfte bewirkt werden, wo also der elektr. Gegensatz vor der Verbindung nicht bedeutend war, und solche, wo die Verbindung (oder elektr. Entladung) wegen hindernder Umstände nur langsam und allmählich geschieht, ohne Feuererscheinung (ohne elektr. Funken) vor sich. Davy konnte durch die Entladung seines mächtigen Trogapparates mittelst zweyer die Polardrähte schließender, genäherter Kohlenstückchen (§. 181) jenen überaus glänzenden und heißen Feuerbogen, selbst im luftleeren Raume, ohne das geringste Verbrennen, ohne die geringste Gewichts-Zu- oder Abnahme der Kohle, ohne Erzeugung einer Spur irgend eines ponderablen Verbrennungsproductes, z. B. von Kohlensäure, durch so lange Zeit erscheinen lassen, als er seinen Apparat in gehöriger elektr. Thätigkeit zu erhalten im Stande war: hier entwickelte sich aus der Kohle ein noch heftigeres Feuer, als während des Verbrennens derselben in Sauerstoffgas, ohne daß für dasselbe eine andere Quelle, als die zwischen den beyden Kohlenstückchen vor sich gehende Vereinigung der den zwey Polen entströmenden entgegengesetzten Elektricitäten gefunden werden kann. Verbrennt die (positive) Kohle in dem (negativen) Sauerstoffgas, so verbindet sich die + E. der ersteren mit der — E. des letzteren, und diese Verbindung bringt ein dem vorigen ähnliches Feuerphänomen hervor. Der elektr. Funke ist also Feuer in der reinsten Gestalt; daher lassen sich alle durch Feuer zu erreichende Wirkungen mittelst des bis zum gehörigen Grade verstärkten elektr. Feuers am besten hervorbringen (§. 171, 181): so reicht z. B. der kleinste elektr. Funke zur Entzündung des Knallgas hin, welches durch einen glühenden Eisendraht nicht zum Verpuffen gebracht wird. Auch unser gewöhnliches Feuer ist nach dieser Ansicht nichts als elektrisches Feuer, welches aber immer in Gesellschaft einer zu gleicher Zeit vor sich gehenden Verbindung ponderabler Körper erscheint; und da der Blitz ebenfalls ein elektr. Feuerstrahl ist, so ist das Flämmchen der Nachtlampe, die zur Beruhigung an unserm Bette brennt, von dem zerstörenden Feuer des Blitzes nur dem Grade, nicht der Natur nach

verschieden (Fechner's und Geiger's Einwendungen gegen diese Verbrennungstheori. in Schweigg. J. 52, 33).

337. Die zur Entzündung nothwendige Temperaturs-Erhöhung ist sehr verschieden: sie hängt von der Natur des Zündkörpers und des brennbaren Körpers oder von der Wärme ab, welche die zwey zu verbindenden Stoffe zum Thätigwerden ihrer Verwandtschaftskräfte, d. h. zur gehörigen Steigerung des bey ihrer Berührung eintretenden elektr. Gegensatzes bedürfen (§. 190): so entzündet sich Phosphor, Kalium u. a. m. in Chlorgas schon bey der T. der Atm., da sie, um in Sauerstoffgas oder in atm. Luft zu verbrennen, etwas (der Phosphor bis gegen + 30° R.) erhitzt werden müssen; Phosphorwasserstoffgas entzündet sich in der atm. Luft schon bey unsern Winter-Temperaturen. Die meisten Körper fordern zu ihrer Entzündung Glühhitze. Elastisch-flüssige Substanzen, wie z. B. Knallluft (§. 336), scheinen zu ihrer Entzündung einer höheren T., als die meisten starren Körper, zu bedürfen. Geschieht die Verbindung des brennbaren Körpers mit dem Zündkörper sehr langsam, so setzt sich die dabey freywerdende W. mit den Umgebungen immer ins Gleichgewicht, und es kommt zu keiner Lichtausscheidung, d. h. zu keinem eigentlichen Verbrennen. Manche brennbare Substanzen können sich daher auf zweyerley Art mit dem Zündkörper verbinden: rasch mit Verbrennungs-Phänomenen, und langsam ohne dieselben, je nachdem die Umstände, vorzüglich die T., ihrer wechelseitigen Verwandtschaftsäußerung günstig sind oder nicht: so verbindet sich Kohle und Wasserstoff bey nicht hinreichender Erhitzung langsam und ohne Verbrennen mit dem Sauerstoffe zu Kohlensäure und Wasser, bey der erforderlichen Erhitzung hingegen erfolgt diese Verbindung mit allen Verbrennungs-Phänomenen; am Phosphor wird allgemein das langsame vom raschen Verbrennen unterschieden; ein Gemenge von gleichen Theilen Hydrogen- und Chlorgas geht im Schatten nur allmählich und langsam in Salzsäure über, am directen Sonnenlichte verpufft es. — Gewöhnlich entwickelt ein Körper, der einmahl entzündet ist, bey seinem Verbrennen mehr oder doch eben so viel Hitze, als zu seiner Entzündung nothwendig ist, brennet also ohne weitere Temperaturs-Erhöhung von Außen fort; ist jenes aber nicht der Fall, so muß seine T. durch anderweitige Erhitzung auf dem erforderlichen Grade erhalten werden. Diese Verschiedenheit gründet sich nicht allein auf die ungleiche Menge Wst., welche die Körper bey ihrem Ver-

brennen entwickeln, sondern auch auf die ungleiche T., welche sie zu ihrer Entzündung fordern, und auf die schnellere oder langsamere Ableitung der Wärme durch die Umgebungen. Die beym Verbrennen entstehende Temperaturs-Erhöhung hängt aber nicht allein von der Natur der sich verbindenden Substanzen, sondern auch von der Menge d. echselseitigen Berührungspuncte, überhaupt von allen die chem. Verwandtschaftsäußerung begünstigenden Umständen ab: daher brennen in reinem Sauerstoffgas viele Substanzen fort, die in der atm. (nur Ein Fünftheil Sauerstoff enthaltenden) Luft verlöschen, wie z. B. Diamant, Stahlfedern u. dgl. m.; sehr feine Stahldrehspäne brennen entzündet in der atm. Luft wie Flachsfasern fort, da ein größeres Stück Stahl selbst in reinem Sauerstoffgas nicht verbrennt; bey einem gewissen Grade der Verdünnung der Luft, oder der Versetzung mit andern zum Verbrennungsgeschäfte untauglichen Gasarten und Dämpfen, hört alles Verbrennen darin auf. Ein Gemenge von 1 Maß Sauerstoffgas auf 2 Maß Hydrogengas gibt eine sehr wirksame Knallluft; ein Gemenge von 1 M. Hydrogengas auf 26 M. Sauerstoffgas, oder von 1 M. Sauerstoffgas auf 16 M. Hydrogengas ist unentzündlich. Auf hohen Bergen ist das Unterhalten eines lebhaften Feuers ein schwieriges Geschäft; in einer Höhe von 1½ Meile über der Oberfläche des Meeres würde man sich umsonst bemühen, selbst die verbrennlichsten Körper zu entzünden. Manche zu ihrer Entzündung eine hohe T. fordernde Substanzen, z. B. fette Oehle, müssen nur in kleinen Portionen auf Ein Mahl der Einwirkung der schon bestehenden Flamme ausgesetzt werden, welches man bey tropfbaren oder leicht schmelzbaren Brenn-Materialien, z. B. bey Oehl, Wachs, Fett, u. dgl. m. durch Auffaugen im Dochte erreicht; bey dem leicht entzündlichen Alkohol, Aether u. dgl. m. bedarf man des Dochtes nicht.

Ueber die Menge von Wst., welche sich beym Verbrennen gleicher Gewichte verschiedenartiger combustibler Körper entwickeln, sind die Angaben der Physiker sehr abweichend. Durch das Verbrennen Eines Pfundes Baumöhl werden nach Lavoisier 149, nach Dalton 104, nach Rumford 94, nach Crawford 89 Pf. Eis geschmolzen (Büll über die Wärmemenge, die sich beym Verbrennen verschiedener Holz- und Kohlenarten entwickelt; Dingler's J. 24, 251. — Despretz über die bey der Verbrennung entwickelte Wärme; Gilb. A. 88, 519). — In der auf den fünften Theil ihres Raumumfanges comprimirten atm. Luft könnten brennbare Körper nur dann, wie in reinem Sauer-

stoffgas verbrennen, wenn das Stickgas nicht ebenfalls 5 Mahl comprimirt worden wäre, und dadurch die Berührungspuncte des brennbaren Körpers mit demselben sich nicht ebenfalls verfünffacht hätten. Da Gase zu ihrem Glühen (§. 235) und zu ihrer Entzündung einer viel höheren T. bedürfen, als starre und tropfbare Körper; so können jene bey einer Art von langsamen Verbrennen so viel W. entwickeln, daß ein darein-gehaltener starrer Körper glühend wird, ohne daß sie sich jedoch selbst entzünden oder leuchtend erscheinen. Taucht man in ein Gemenge von Sauerstoffgas mit Hydrogengas, mit Aether- oder mit Alkoholdampf einen Platindraht, der eben aufgehört hat zu glühen; so fängt er darin nach kurzer Zeit wieder zu leuchten an, und glüht so lange, bis das Sauerstoffgas durch seine langsame, stille, lichtlose Verbindung mit den brennbaren Gasarten und Dämpfen verbraucht ist. Darauf beruht die Einrichtung des **Glühlämpchens** (*lampe sans flamme* Fig. 140. Tab. IV). Ein spiralförmig gewundener nur 1/100 Zoll dicker Platindraht, dessen 12 bis 20 Windungen von beyläufig 1/7 Zoll im Durchmesser sich so nahe liegen, als es ohne Berührung möglich ist, wird ganz locker um den dünnen Docht einer gewöhnlichen Weingeistlampe gelegt, so daß beyläufig die Hälfte der Windungen über den Docht emporragt; der Weingeist wird angezündet und die Flamme, so bald der Platindraht glüht, wieder ausgeblasen: der Platindraht hört einen Augenblick auf zu glühen, fängt aber bald wieder an, und fährt so lange zu glühen fort, bis aller Weingeist verdampft und der Docht ganz trocken ist. Mit Einem Lothe Weingeist kann der Draht durch 8, ja bey sehr ökonomischer Einrichtung durch 22 Stunden glühend erhalten werden (Gilb. A. 59, 222 und 61, 237). Manche Substanzen, welche bey der gewöhnlichen T. der Atm. auf einander einwirken und dabey W. entwickeln, steigern ihre T. dadurch bis zu einem Grade, daß Entzündung erfolgt, wenn brennbare Stoffe dabey sind: Entzündung von Nelkenöhl beym Zugießen rauchender Salpetersäure, der mit chlorsaurem Kali bestrichenen Schwefelhölzchen beym Benetzen mit concentrirter Schwefelsäure; hierher gehören die so genannten künstlichen Vulkane, die durch ein in feuchte Erde vergrabenes Gemenge von Eisenfeile und Schwefel als Kinderspiele nachgeahmt werden; Kienruß mit Oehl und Hanf in Berührung, geöhlte Wolle, naßes Heu und Stroh u. dgl. Solche Substanzen, welche entweder schon bey der gewöhnlichen T. der Atm. sich mit dem Sauerstoffe derselben unter Feuererscheinung verbinden können, oder welche durch das wechselseitige Einwirken ihre T. schnell bis zum Entzündungsgrade erhöhen, heißen **Pyrophore** oder **Selbstzünder**, von denen der so genannte **Homberg'sche Pyrophor** der bekannteste ist. Vielleicht gehören die Selbstentzündungen von lebenden Wesen, ja selbst von Menschen, wenn die Erzählungen davon wie

(z. B. von jener vielbesprochenen der Gräfinn Zangari) richtig sind, auch hierher (J. H. Kopp ausführl. Darstellung der Selbstverbrennungen des menschlichen Körpers. Frankfurt 1811).

338. Temperaturserhöhung ist nicht das einzige Mittel, den elektr. Gegensatz zweyer sich berührender heterogener Körper so zu steigern, und dadurch ihre wechselseitige Verwandtschaft oder Anziehung so weit zu erhöhen, daß sie sich schnell und kräftig, daher unter Feuererscheinung mit einander verbinden, oder sich entzünden und verbrennen: sondern in den neuesten Zeiten hat der geistreiche Prof. Döbereiner die höchst wichtige Entdeckung gemacht, daß in diesem Geschäfte die Stelle der Wärme ein anderer ponderabler Stoff, nähmlich frey vertheiltes metallisches Platin, oder der sogenannte Platinschwamm, wie er durch Ausglühen des gelben Platinsalmiaks erhalten wird, vertreten kann. Wird nähmlich ein kaltes Gemenge von Sauerstoffgas mit Wasserstoffgas oder mit einer andern brennbaren Gasart auf ganz kaltes feines Platinpulver, oder auf den eben genannten Platinschwamm geleitet, so verbindet sich der Sauerstoff anfangs langsam mit dem Wasserstoffe zu Wasser; durch die dabey freywerdende Wärme steigt die T. des Platinschwammes; dadurch wird wieder der Wasserbildungsprozeß und mit diesem die Temperaturserhöhung des Platins beschleunigt; das Platin fängt an zu glühen; wenn dieses dem Weißglühen nahe kömmt, entzündet sich das brennbare Gasgemenge und brennet mit Flamme fort. Hier ist offenbar durch die Berührung mit dem Platin die negative elektr. Natur des Sauerstoffs und die positive elektr. Natur des Wasserstoffes bis auf den zur schnellen Verbindung erforderlichen Grad gesteigert worden.

Gold- und Silberstaub muß wenigstens auf + 60° R. erwärmt seyn, ehe er dieselben Wirkungen leistet, welche der Platinstaub schon bey der gewöhnlichen T. der Atm. hervorbringt (Gilb. A. 72, 193, 74, 269. Schweigg. J. 38, 321 und 515, 39, 142 und 139. Scholz Chemie 1, 732.

339. Einige Körper glühen bloß, indem sie verbrennen, wie z. B. gut ausgebrannte Holzkohlen; andere verbrennen mit Flamme. Bey näherer Untersuchung findet man, daß nur solche Körper mit Flamme verbrennen, die entweder gasförmig, wie das Hydrogengas, oder in der Hitze ganz flüchtig, wie z. B. der Alkohol, Phosphor, Zink, u. a. m. sind, oder die einen oder einige flüchtige,

brennbare Bestandtheile enthalten, wie die fetten Oehle, Wachs, Harz, Holz u. a. m. Die Flamme ist also eine im Verbrennungs-Prozesse begriffene luftartige Substanz. Die Gestalt der Flamme hängt zum Theil von dem Grade der Flüchtigkeit der verbrennenden Substanzen, und von der Beschaffenheit des Mediums ab, in welchem das Verbrennen vor sich geht. Die Farbe derselben, z. B. die grüne der geistigen Auflösung von Borsäure, die rothe einer ähnlichen Auflösung des salzsauren Strontians, erkläret man aus mit fortgerissenen, unverbrennlichen Theilen des brennbaren Körpers; sie ist aber auch von dem Hitzegrade, bey welchem das Verbrennen geschieht, abhängig: bey mäßiger Hitze, und bey unvollkommenem Luftzuge, verbrennen die meisten Substanzen nur mit einer schwachen bläulichen oder gelblichen Flamme, die aber um so mehr Weißlicht ausstrahlt, je vollkommener das Verbrennen und je höher die T. wird (§. 248*); in reiner Lebensluft verbrennen einige Körper mit Flamme, die in atm. Luft bloß glimmen, dahin gehört z. B. der Zunderschwamm. Körper, die gar keine flüchtigen Bestandtheile enthalten, wie z. B. reiner Kohlenstoff, Eisen u. dgl. verbrennen in reiner Lebensluft wohl mit einem lebhaften Funkensprühen und mit glänzendem Lichte, jedoch ohne eigentliche Flamme: daher ist jedes Flammenlicht, z. B. unserer Lampen und Kerzen, eigentlich Gaslicht (Talbot und Blackadder, über die Farbe der Flamme; in Baumgartner's Zeitschrift 1, 403).

Reiner Kohlenstoff verbrennet öfters mit einem schwachleuchtenden Flammensaume, weil sich im Anfange Kohlenoxydgas bildet, welches erst bey weiterer Berührung mit der atm. Luft vollständig verbrennt. Das erhitzende Vermögen der Flammen steht mit dem leuchtenden nicht im Verhältnisse: das erste hängt bloß von der Schnelligkeit und Vollständigkeit des Verbrennens ab, auf das letztere haben manche andere Umstände Einfluß. Gase, derer Verbrennungs-Producte gleichfalls elastisch-flüssig sind, wie z. B. Schwefel, Kohlenstoffoxydgas, reines Hydrogengas, verbrennen mit einer schwachleuchtenden, aber die größten Hitzegrade hervorbringenden Flamme; taucht man daher in die Hydrogenflamme einen starren Körper, z. B. einen Platindraht, so wird er auf der Stelle weißglühend, und die Licht-Intensität wird ausnehmend vermehrt. Solche Gase, die während des Verbrennens einen starren Bestandtheil ausscheiden, oder ein starres Verbrennungs-Product bilden, leuchten bey weitem stärker, ohne jedoch eben so heiß zu seyn: die Flamme des öhlbildenden Gas verdankt ihr schönes Licht dem ausgeschiedenen, weißglühenden Kohlenstoffe; die bekannte große

Licht-Intensität des verbrennenden Phosphors kommt von der in dessen Flamme weißglühenden Phosphorsäure, u. dgl. m. Darauf beruhet Drummond's Mittel (Schweigger's J. 48, 431), sehr intensives Licht für Feuersignale bey geodetischen Vermessungen u. dgl. hervorzubringen: wenn er in die mittelst eines Stromes Sauerstoffgas angefachte Löthflamme einer Weingeistlampe ein Kügelchen Kreide oder auch Aetzkalk brachte, so sendete dieses ein 37 Mahl, ja bey vollkommenem Gelingen, sogar ein 83 Mahl intensiveres Licht aus, als der hellste Theil einer Argand'schen Lampe; wurde statt des Kalkes Zirkonerde angewendet, so übertraf das Licht nur 31 Mahl, bey Anwendung von Magnesia nur 16 Mahl, bey Anwendung von Zirkonoxyd noch weniger jenes einer Argand'schen Lampe. Weil elastische Flüssigkeiten bey dem anfangenden Weißglühen starrer Körper noch nicht leuchten, so muß die T. der Flamme die Weißglühhitze der letzteren weit übertreffen (§. 235): daher kann man durch Flammenfeuer größere Hitze als durch Kohlenfeuer hervorbringen; aus demselben Grunde läßt sich eine Flamme durch Abkühlen schnell verlöschen; darum brennt keine Flamme durch ein enges Metallgitter oder Drahtgewebe, bis dieses nicht selbst stark glühend geworden ist; denn früher entzieht das berührende Metall als ein guter Wärmeleiter dem brennenden Gas so viel Wärme, daß dieses unter die zu seinem Verbrennen erforderliche hohe T. abgekühlt wird. Darauf gründet sich Davy's Sicherheitslampe gegen die schlagenden Wetter in Bergwerken, oder seine Grubenlaterne, Fig. 141. Sie bestehet aus einer gewöhnlichen kupfernen Lampe A, auf welche, nachdem sie angezündet worden ist, der aus einem engen Drahtgewebe (625 Maschen auf 1 englischen Quadrat-Zoll) bestehende, 2 bis 3 Zoll weite Cylinder B geschraubt wird. Auf diesem Cylinder steckt oben noch ein anderer Cylinder C aus demselben Gewebe. Die senkrechten dicken Eisendrähte d d d und die Platte D dienen zur Befestigung des Ganzen; die mit einer Schraube zu verschließende Röhre E zum Nachfüllen des Oehles; der in einem eigenen Röhrchen durch den Oehlbehälter reichende Draht f zum Putzen und Richten des Dochtes, ohne den Draht-Cylinder abschrauben zu dürfen; die Ringe g, g zum Tragen und Aufhängen der Laterne. Bringt man die Laterne in Knallluft, so dringt diese in den Cylinder und verbrennt darin, so daß öfters die eigentliche Lampenflamme am Dochte verlischt, und dafür der ganze Cylinder mit der mattleuchtenden Flamme des verbrennenden Knallgas angefüllt ist, ohne daß sich jedoch die Entzündung der äußeren Knallluft mittheilen kann; weil die brennende Luft, indem sie von Innen nach Außen strömt, bey ihrem Durchgange durch die Oeffnungen des Drahtgewebes so abgekühlt wird, daß sie verlischt, und folglich auch das äußere explosive Gasgemenge nicht anzünden kann. Der dop-

pelte Deckel C dient zur Vermeidung der Unsicherheit, welche durch das Glühendwerden des einen Deckels entstehen könnte (s. Davy in Gilb. A. 56, von Grotthuß a. a. O. 58). Aus derselben Ursache pflanzt sich die Entzündung eines explosiven Gasgemenges durch sehr enge Röhrchen nicht fort, eine Erfahrung, die bey der Einrichtung des Newmann'schen oder Hare'schen Knallgasgebläses benutzt ist. Dieses besteht nach der ersten Newmann'schen Construction (Fig. 142) aus einem länglich viereckigen Gefäße A von starkem Kupferbleche, 4 Zoll lang, 3 Zoll breit und 3 Zoll hoch, und aus einer Compressions-Pumpe B, deren Kolbenstange oben bey c luftdicht durch Lederscheiben geht. Seitwärts bey d wird an den Stiefel die mit Knallgas (etwas mehr als 2 Maß Wasserstoffgas auf 1 Maß Sauerstoffgas) gefüllte Blase E angeschraubt, und ihr Inhalt durch die Bewegung des Kolbens in dem vorher luftleer gemachten Gefäße A verdichtet. Das Gefäß A hat vorn noch einen Ausgang durch eine mit dem Hahne g zu verschließende Messingröhre f, in welche das nur $^1/_{80}$ Zoll im Durchmesser haltende, mehrere Zoll lange gläserne Haarröhrchen h gekittet ist. Je nachdem man den Hahn g mehr oder weniger öffnet, dringt das verdichtete Knallgas in einem stärkeren oder schwächeren Strome heraus, bildet angezündet ein zwar nur kleines und im hellen Tageslichte kaum sichtbares Flämmchen, welches aber die größten bisher durch Hitze erreichten Wirkungen hervorbringt; indem darin Platin, Palladium, Iridium, die reinen Erden (die Bittererde am schwierigsten), Graphit geschmolzen, Gold verflüchtigt, und viele andere Metalle unter Funkensprühen verbrannt worden sind. (Ueber die beym Gebrauche dieser Vorrichtung zur Vermeidung gefährlicher Explosionen nothwendigen Vorsichtsmaßregeln, und über die zu dem nähmlichen Zwecke in derselben angebrachten Verbesserungen, s. »Pfaff, über das Knallgasgebläse« in Schweigg. J. 22. 385—433. Gilb. A. 55 und 62, 247—284; 339—399).

Betrachtet man die Flamme einer Wachskerze (Fig. 143) genau, so bemerkt man unten einen blauen Rand a b a b, der sich in einen wenig leuchtenden, kaum sichtbaren Saum b c b c der ganzen Flamme verliert; über dem Dochte einen durchsichtigen, rauchigen, kegelförmigen Raum d e f; zwischen diesem und dem äußeren Saume den leuchtendsten Theil g g h der ganzen Flamme. Das erste kleine Flämmchen beym Anzünden einer Kerze, so wie auch die flackernde Flamme beym Ausblasen derselben, ist beynahe ganz blau, so wie jener untere Rand. Steckt man einen Platindraht quer durch die Flamme, so wird er in seinen Berührungspuncten mit dem äußersten Saume sogleich glühend; in seinen Berührungspuncten mit dem hellleuchtenden mittleren Theile überzieht er sich mit Ruß, und in den Berührungspuncten mit dem innersten durchsichtigen Kegel wird er weder glühend noch geschwärzt.

Das im Dochte aufgesaugte, der Hitze der ganzen Flamme ausgesetzte Wachs wird in brennbare Gase zerlegt, welche mit Kohlenstoffe so überladen sind, daß sie ihn bey einer noch größeren Erhitzung ausscheiden müssen; und welche sich, wie wir es an jeder frisch ausgeblasenen Kerze bemerken, als eine heiße Rauchsäule über den Docht erheben. Nur die äussersten Theile dieser Rauchsäule kommen mit dem Sauerstoffe der Atm. in Berührung, entzünden sich bey ihrer hohen T., verbrennen vollständig, und bilden den zwar wenig leuchtenden, aber ungemein heißen Flammensaum. Den inneren Theilen der Rauchsäule fehlt es zum Verbrennen an Sauerstoffe; doch werden die dem heißen Flammensaume zunächst liegenden Schichten von diesem so sehr erhitzt, daß sie ihren Kohlenstoff im weißglühenden Zustande ausscheiden und den leuchtendsten Theil der Flamme g g h bilden. Die innersten Theile der Dampfsäule können aus Mangel an Sauerstoffe weder verbrennen, noch aus Mangel an hinlänglicher Erhitzung, wegen ihrer Entfernung von dem heißen äußersten Saume, zerlegt werden; sie bilden demnach als unveränderter Wachsdampf den kegelförmigen Raum d e f. Während der äußerste untere Theil der Dampfsäule verbrennet, steigen die inneren Theile in die Höhe, kommen dadurch als immer kleiner werdende Ringe nach und nach in Berührung mit der Atm., verbrennen ebenfalls, und bilden so die kegelförmige Flamme. In der Argand'schen Lampe kann das Verbrennen viel vollkommener vor sich gehen, weil auch mitten durch die Flamme ein senkrechter Luftzug geleitet ist, das Verbrennen der Oehldampfsäule also nicht allein von Außen nach Innen, sondern auch diesem entgegen von Innen nach Außen geschieht. Etwas Aehnliches zeigt die mittelst des Löthrohres angeblasene Flamme (Fig. 144): weil hier ein Strom comprimirter Luft mitten durch die Flamme gedrängt wird, so geschieht das Verbrennen mehr von Innen nach Außen, als von Außen nach Innen; der Ort des vollkommensten Verbrennens ist also hier im Innern der Flamme, folglich zeigt sich hier ein langer, bläulicher, fast lichtloser Kegel, an dessen Spitze die Hitze am größten ist. Stichflamme, Flackerflamme; Unterschied in den Wirkungen verschiedener Theile der Löthflamme, sowohl in Hinsicht des Hitzegrades, als auch des oxydirenden und desoxydirenden Vermögens; Wiederanzünden einer eben ausgeblasenen Kerze durch den aufsteigenden Rauch mehrere Zoll hoch über dem Dochte. Das Rauchen und Rußabsetzen der Flammen sind Begleiter eines unvollständigen Verbrennungsprozesses, entweder aus Mangel an Sauerstoffgas, oder an hinlänglicher Erhitzung. Die Flamme einer gewöhnlichen Kerze ist also hohl, oder ein mit einer brennenden Haut überzogener Dampfkegel; die Flamme einer Argand'schen Lampe bildet einen Ring, dessen äußere und innere Fläche im Verbrennen begriffen ist; eine Löthrohrflamme ist schon viel intensiver, weil durch

die in den Dampfkegel geblasene Luft zugleich ein großer Theil seines Inneren ins Verbrennen gesetzt wird; die größte Intensität aber hat die Knallgasflamme, weil in dieser das Verbrennen durch und durch mit gleicher Vollkommenheit geschieht; so daß diese die einzige gleichsam solide oder massive gegen die übrigen durchaus hohlen Flammen darstellet. — Eine in aller Vollkommenheit brennende ordinäre Argand'sche Lampe gibt, nach Rumford's Versuchen, eben so viel Licht, wie 9 Wachskerzen, die eben gut geputzt worden sind. Wenn die Lichtstärke einer gut geputzten Unschlittkerze = 100 gesetzt wird, so sinkt sie in 10 Minuten nach dem Putzen auf 39, in 19 Minuten auf 23, in 29 Minuten auf 16; wenn nun wieder geputzt wird, so erscheinet abermahls die alte Lichtstärke von 100. Bey einer guten Wachskerze gehen die Variationen in der Lichtstärke nach dem Putzen bloß von 100 auf 60. Nach den Versuchen desselben Gelehrten, werden, um durch die nähmliche Zeitdauer gleiche Lichtstärke zu haben, von folgenden Leuchtmaterialien nebenstehende Gewichtsmengen erfordert: von einer gut geputzten Wachskerze 100, gut geputzten Unschlittkerze 101, stets mit langem Dochte brennenden Unschlittkerze 229; von Olivenöhl in einer Argand'schen Lampe 110, Olivenöhl in einer gewöhnlichen Lampe mit breitem Dochte ohne Rauch 129; Ripsöhl in einer gewöhnlichen Lampe 125, Leinöhl in einer gewöhnlichen Lampe 120 (*Ann. de chim. et phys.* 19, 200). Alkohol gibt eine sehr leuchtende Flamme, wenn ihm 0,15 Terpenthinöhl zugesetzet wird (Scholz Chemie 348 — 358 und 374).

340. Aus der angegebenen Theorie des Verbrennens folgt auch jene unserer Anstalten, Feuer zu unterhalten und zu löschen. — Die Oefen oder Vorrichtungen zur Unterhaltung des Feuers müssen erstens das Brenn-Materiale aufnehmen, dann dasselbe in der zum Verbrennen nothwendigen Hitze erhalten, und endlich wegen der zu demselben Zwecke unentbehrlichen Erneuerung der atm. Luft, dieser den freyen Durchzug gestatten. Jeder gute Ofen besteht daher aus drey wesentlichen Theilen: 1) aus dem Roste zur Unterstützung des hohlgelegten Feuer-Materials; 2) aus dem Aschenherde unter dem Roste, zur Aufnahme der von den verbrannten Materialien zurück bleibenden und durch den Rost fallenden Asche, mit einer für die eindringende atm. Luft bestimmten Oeffnung nach Außen versehen; 3) aus dem Feuerherde oder dem Orte unmittelbar über dem Roste, wo die Brenn-Materialien das Verbrennen erleiden, und wo die W. entwickelt wird, oben mit einer Oeffnung nach Außen, um der bereits zersetzten und erhitzten Luft den Ausgang zu gestatten, und der von unten neu eindringenden

Platz zu machen. Die entzündeten Brenn-Materialien verbinden sich mit dem Sauerstoffe der umgebenden Luft, und erwärmen die übrigen Bestandtheile derselben; diese, dadurch ausgedehnt und specifisch leichter gemacht, steigen in die Höhe, oder werden von der durch die Oeffnung des Aschenherdes eindringenden kalten und daher dichteren Luft in die Höhe gedrückt; diese wird nun wieder zersetzt und erwärmt und dadurch ein beständiger Luftzug unterhalten. Von der Lebhaftigkeit dieses Luftzuges hängt unter übrigens gleichen Umständen die Schnelligkeit des Verbrennens und folglich auch der Grad der dadurch hervorgebrachten Hitze ab. Man befördert den Luftzug, indem man entweder die erwärmte, davon gehende Luft durch Röhren leitet, die jedoch nur so lang seyn dürfen, daß das vorhandene Feuer die in ihnen enthaltene Luftmasse gut zu durchwärmen im Stande ist, denn sonst höret der Luftzug ganz auf; oder durch künstliche Gebläse, mittelst welcher man die Luft zugleich in einem zusammengepreßten Zustande mit den brennenden Substanzen in Berührung bringt. Werden jene Röhren im Ofen selbst angebracht, und die durchstreichende erhitzte Luft zur Erwärmung anderer Körper benützt, so heißen solche Oefen Circulir-Oefen und die Röhren selbst Füchse. In unsern gewöhnlichen Stubenöfen vertreten die Feuerböcke die Stelle des Rostes und der weite Ofenhals die Stelle der Oeffnung des Aschen- und des Feuerherdes zugleich: die kalte Luft dringt durch die untere Hälfte des Halses hinein, und die heiße durch die obere Hälfte heraus in den Rauchfang. Bey diesen Oefen kommt es vorzüglich darauf an, das Holz gut zu verbrennen, damit nicht zu viel von seinen flüchtigen, brennbaren Bestandtheilen als Rauch davon gehe; dann die Luft nicht eher in den Schornstein entweichen zu lassen, als bis sie ihre Wärme an den Ofen abgegeben hat. Die sogenannten schwedischen Oefen sind zur Unterhaltung des Feuers und zur Benützung der im Ofen erwärmten Luft am zweckmäßigsten eingerichtet: wenn aber der Aschenherd sich ins Zimmer selbst öffnet, und folglich die Erneuerung der Luft im Ofen auf Kosten der im Zimmer schon erwärmten geschieht, die dann durch kalte, von Außen durch Thüren und Fenster eindringende Luft wieder ersetzt werden muß; so erhalten diese Oefen in Zimmern zwar immer reine Luft, sind aber nicht geeignet, dieselben anhaltend und im hohen Grade warm zu machen. Dasselbe gilt von den Kaminen, bey denen die Erwärmung der

Stuben unmittelbar und nur durch die strahlende W. des Feuers geschieht, indem die ganze geleitete Wärme von dem Luftzuge mit durch den Schornstein geführt wird, in einem noch höheren Grade. So wie Stubenöfen den Zweck haben, die vom Feuer erhaltene Hitze der umgebenden Luft mitzutheilen, und daher aus einem, die W. nicht gar zu schlecht leitenden und ausstrahlenden Stoffe verfertigt seyn müssen: so sollen chemische und viele technische Oefen die in ihnen erzeugte Hitze so viel möglich beysammen halten, und daher von den schlechtesten Wärmeleitern und Strahlern erbauet werden. Der Ort über dem Feuer heißt in diesen öfters der Arbeitsort.

Eine Argand'sche Lampe ist als ein gut construirter Ofen zu betrachten, daher man sie auch nicht nur zur Erleuchtung, sondern auch als chemischen Ofen zu Versuchen im Kleinen benützet. Ein Geübter kann mittelst des Löthrohres eine Hitze von 130° W. hervorbringen. Treibt man einen Strom Sauerstoffgas durch eine Weingeistflamme, so kann man darin Platindraht mit Leichtigkeit schmelzen: Ehrmann's Schmelzlampe. Am zweckmäßigsten sind alle Bedingungen zum vollkommenen Verbrennen, also zur Hervorbringung der größten Hitze, in dem Newmann'schen Knallgasgebläse vereiniget. Auch bey dem gewöhnlich als Brenn-Material gebrauchten Holze oder bey dessen Kohlen ist eine höhere T. zur Unterhaltung des Verbrennens nothwendig; daher eine einzelne Holzkohle in einem größeren Ofen nicht fortbrennt, sondern mehrere Kohlen da seyn müssen, wovon immer eine die andere erwärmt. Dagegen fand Mac-Keever in seinen mit Wachskerzen angestellten Versuchen die gewöhnliche Meinung bestätigt, daß Sonnenstrahlen, welche auf Feuer fallen, dieses schwächen, oder wenn es schon schwach brennt, verlöschen: ein neuer Beweis für das der Oxydirung entgegenwirkende Vermögen des Lichtes. Aus dem bisher Gesagten wird man sich leicht erklären können, warum trockenes Holz mehr Hitze gibt, als feuchtes, warum weiches Holz zur Hervorbringung sehr hoher T. mehr geeignet ist als hartes, fein gespaltetes mehr als grobes; warum die Größe der Kohlen mit der Größe des Ofens, die Größe des Rostes mit der Größe des Arbeitsortes und mit dem Querschnitte des Schornsteins im Verhältnisse stehen muß, u. dgl. m. Nach Karsten (Eisenhüttenkunde 3, 335) soll in einem guten Flammeneisenumschmelzofen die Rostfläche (nach Abschlag des von den Stäben eingenommenen Raumes) zu der Herdfläche wie 2 : 7, zu dem Querschnitte des Fuchses (Oeffnung in dem Rauchfang) wie 3 oder 4 : 1 sich verhalten, wobey aber der Schornstein nicht unter 40 F. hoch seyn darf.

341. Um Feuer auszulöschen dürfen manches Mahl, z. B. bey Holz, Kohlen und dergl. die im Verbrennen begriffenen Materialien nur aus einander geworfen werden: bey einigen mit einer einzelnen kleinen Flamme brennenden Substanzen, z. B. bey unsern brennenden Kerzen und Lampen, reicht dazu schon ein mässiger Windstoß oder das Blasen mit dem Munde hin; der brennende Dampf wird dadurch vom Dochte entfernt, abgekühlt, und auch dieser nicht mehr gehörig erhitzt. Das beste und sicherste Feuerlöschmittel ist das Verhindern des Zutrittes der Luft oder das im buchstäblichen Sinne wahre Ersticken des Feuers. Darauf gründet sich die Einrichtung unserer Lichtputzen, das Feuerlöschen mit Wasser, Erde, nassen Tüchern und dergl. m. Wasser, wenn es das Feuer löschen soll, muß in hinlänglicher Menge darauf gebracht werden, sonst verdampft es schneller als die brennenden Substanzen gehörig abgekühlt sind, oder es wird in sehr heftigem Feuer gar zersetzt, und vermehrt dann dasselbe noch, indem sein Hydrogen einen Brenn- und sein Oxygen einen Zündkörper liefert: wir sehen dieß beym Anfeuchten der Kohlen in Schmiedeessen. Substanzen, die auf Wasser schwimmen, z. B. Oehle, lassen sich damit schwer löschen; weil sie immer mit der Luft in Berührung bleiben. Salzlaugen oder Wasser, welches mechanisch fein vertheilte Stoffe, z. B. Thon, enthält, sind bessere Feuerlöschmittel als reines Wasser, weil sie selbst nach dem Verdampfen des Wassers die noch heißen Brenn-Materialien mit einer Kruste überzogen, und dadurch von der Luft abgeschnitten, zurücklassen. Auch mittelst Gasarten, die zum Verbrennungsprozesse untauglich sind, läßt sich Feuer ersticken; man kann daher manches Mahl einen brennenden Rauchfang durch schwefligsaures Gas löschen, wenn man unter demselben schnell Schwefel verbrennen läßt.

Das Wasser wirkt als Feuerlöschmittel auf dreyerley Art: 1) benetzt es den brennenden Körper und unterbricht dadurch seine unmittelbare Berührung mit der atm. Luft, welches aber nur so lange dauert, bis es verdampft ist; 2) bindet es durch seine Verwandlung in Dämpfe viel Wst., kühlt also den brennenden Körper ab; 3) verdrängen die gebildeten Dämpfe die nächsten Schichten der atm. Luft und hemmen auch auf diese Art den Zutritt derselben zu dem brennenden Körper. Wenn das Wasser Feuer löschen soll, so muß der brennende Körper vor dem gänzlichen Verdampfen des Wassers so weit abgekühlt seyn, daß er selbst bey dem Zutritte der atm. Luft sich

nicht mehr entzünden kann: daher fordert jedes Feuer eine verhältnißmäßige Menge Wassers zum Löschen; ein großes Feuer wird durch wenig Wasser nur noch mehr verstärkt; so wie ein kleines Feuer durch einen heftigen Windstoß ausgelöscht, ein großes Feuer aber durch mäßigen Wind angefacht wird; durch sehr viel Oehl würde Feuer eben so gut, wie durch Wasser gelöscht werden, durch wenig Oehl wird es aber, wegen Vermehrung des Brenn-Materials, angefacht.

342. Lebende Wesen sowohl aus dem Pflanzen- als aus dem Thierreiche sind dem Gesetze der Temperaturs-Ausgleichung (§. 296) nicht unterworfen, sondern bis auf einen gewissen Grad selbstständig ihre T. von jener ihrer Umgebungen unabhängig zu erhalten im Stande. Bohrt man einen Baum im Winter, wo seine Lebensthätigkeit doch gewiß am geringsten ist, an, und steckt man die Kugel eines Thermometers in das Loch, so zeiget dieses immer Temperaturen über 0 R., wenn auch die äußere T. mehrere Grade unter 0 ist. Noch auffallender ist die Selbstständigkeit in der Bestimmung der T. bey den vollkommnern oder warmblütigen Thieren: der Mensch hält in allen auch noch so warmen oder kalten Temperaturen, in denen er nur leben kann, jene seines Körpers nahe an + 30° R. Nach dem Tode folgen organische Wesen wieder den Gesetzen der unorganischen Natur, und setzen ihre T. mit der ihrer Umgebungen ins Gleichgewicht.

Nach J. Davy's Beobachtungen steigt die T. des menschlichen Körpers durch dauernde Einwirkung einer starken Hitze etwas: er fand seine und seiner Reisegefährten mittlere T. bey dem Einschiffen in England + 29°,41 R., unter dem Aequator = + 29°,8 R., und unter dem 12ten Grad südl. Breite = + 30°,24 R. Die Riesenschlange (Boa Constrictor) ändert, nach Wilford's Beobachtungen, die T. ihres Körpers mit jener der Atm.: bey einer T. der letzteren von + 23° R. war jene der Schlange etwas über + 22°; als die Luft + 18° R. zeigte, hatte die Schlange eine T. von + 18° R.

343. Wie der Mensch bey höheren äußeren Temperaturen die Wärme seines Körpers stets auf + 30° R. erhalten kann, ist schon oben (§. 321) gezeigt worden: woher kommt aber die W., die seinem Körper das Uebergewicht über die gewöhnliche, bey uns selbst in den heißesten Sommertagen selten + 26° R. erreichende T. der Atm. verschafft? Von jeher hat man den Zusammenhang der Erzeugung thierischer Wärme mit dem Respirations-Geschäfte eingesehen und bemerkt, daß jene Thiere, bey welchen das Athmen

am vollkommensten vor sich geht, z. B. die Vögel, bey denen die eingeathmete Luft sogar in das Innere der Knochen dringen kann, auch die andern an thierischer W. übertreffen. Man hat die Beobtung gemacht, daß nur sauerstoffhältige Luft zum Athemhohlen tauglich, und daß die ausgeathmete Luft sehr verschieden ist, indem sie einen großen Antheil ihres Sauerstoffs verloren, und dafür an Kohlensäure und Wasserdampf gewonnen hat. Lavoisier dehnte deßwegen seine Theorie des Verbrennens, zwischen welchem und dem Leben man die Aehnlichkeit schon in den ältesten Zeiten erkannt, und durch die mannigfaltigsten bildlichen Darstellungen versinnlicht hatte, auch auf das Athemhohlen aus, und sagte, die Lebensluft werde in den Lungen von dem Venenblute, mit dem sie dort in Berührung kommt, zersetzt; ein Theil des Oxygens verbinde sich mit dem Kohlen- und Wasserstoffe dieses Blutes zu Kohlensäure und Wasser, welche gasförmig mit der übrigen nicht zersetzten Luft ausgeathmet werden; ein anderer Theil des Oxygens verbinde sich mit dem Blute und verwandle es in Arterienblut, welches sich bekanntlich durch seine hellere Farbe deutlich von dem Venenblute unterscheidet; der Wst. der zersetzten Lebensluft werde theils zur Gasificirung der neu erzeugten Kohlensäure und des Wassers verbraucht, theils bringe er im freyen Zustande die thierische W. hervor. Da nach dieser Theorie die Lunge gleichsam der Ofen ist, durch den der ganze Körper geheitzt wird, so sollte eigentlich die T. der Respirationsorgane viel höher als die der übrigen davon entfernteren Theile des Körpers seyn: welches aber nicht der Fall ist. Um dieser scheinbaren Schwierigkeit zu begegnen, modificirte Crawford die Theorie dahin, daß sich in den Lungen die Lebensluft als solche mit dem Venenblute zu Arterienblute verbinde, und daß sie während der Circulation und während des allmähligen Uebergangs des arteriellen in venöses Blut nach und nach zersetzt, und daher Wst. in allen Theilen des Körpers gleichförmig frey werde. Spätere genaue Versuche haben gezeigt, daß die ganze Menge des in den Lungen verbrauchten Oxygens mit Kohlenstoffe verbunden als kohlensaures Gas ausgeathmet wird, daß folglich weder Wasser erzeugt, noch das Blut beym Durchgange durch die Lungen oxydirt worden seyn kann; sondern daß es bloß einen Theil seines Kohlenstoffs abgegeben hat, entkohlt worden ist (fast auf eine ähnliche Art wie das Roheisen beym Frischprozesse). Wie erkläret man aber

die gleichförmige Erzeugung der thierischen W. im ganzen Körper? Nach Crawford's Versuchen (freylich mit Blute außer dem thierischen Körper angestellt) besitzet das hellrothe Arterienblut eine größere specifische W. als das dunkle Venenblut, und die Wärme-Capacität des ersteren verhält sich zu jener des letzteren wie 103 : 89. Ferner wußte man, daß die Umstaltung des Arterienblutes zu Venenblute in den kleinsten Capillargefäßen geschieht, durch welche die Arterien in die Venen übergehen, und welche zugleich die Werkstätte aller Secretionen (in der weitesten Bedeutung) sind. Diese Verwandlung muß mit einer Anhäufung von Kohlenstoffe, und wegen der verminderten Wärme-Capacität mit Freywerden von Wst. verbunden seyn. Das Venenblut kommt nun mit Kohlenstoffe überladen wieder in die Lungen, wo der überflüssige Kohlenstoff eine Art von Verbrennung erleidet, als kohlensaures Gas ausgeathmet, und dadurch das Venenblut in Arterienblut verwandelt wird. Der bey diesem Verbrennen freygewordene Wst. erhält das Blut, ungeachtet der bey seinem Uebergange in Arterienblut vermehrten Wärme-Capacität auf der alten Temperatur, und wird erst später mit der Verminderung der Wärme-Capacität bey dem allmähligen Uebergange des Arterienblutes in Venenblut in den kleinsten Gefäßen eben so allmählig wieder frey. Ein zweyter Grund der gleichförmigen Vertheilung der Wärme im ganzen thierischen Körper liegt in der Bewegung des Blutes: das in den Lungen durch das Verbrennen seines Kohlenstoffes neugebildete und dadurch erwärmte Arterienblut verläßt die Lungen sogleich, führt die Wärme mit sich in die entferntesten Theile des Körpers, wird von dem abgekühlten Venenblute ersetzt, welches das zu starke Erwärmen der Lungen verhindert, u. s. w.

J. Davy fand durch genaue Versuche das Verhältniß der Wärme-Capacität von Arterienblut und Venenblut nur wie 913 : 903; also den Unterschied bey weitem nicht groß genug, um die menschliche W. davon herzuleiten. — Wenn das Athmen auch nicht der einzige Grund der thierischen Wärme ist, sondern diese zum Theil auch den übrigen in dem thierischen Körper vor sich gehenden chem. Veränderungen zugeschrieben werden muß, so kann der Respirations-Prozeß doch immer als die Hauptquelle derselben betrachtet werden, indem diese mit der Vollkommenheit des Respirations-Geschäftes im Verhältnisse stehet; indem z. B. Fische, welche in ihren Kiemen viel weniger Sauerstoff in Kohlensäure verwandeln, auch eine von jener des sie umgebenden Was-

sers nur sehr wenig verschiedene T. besitzen, Vögel dagegen, wie oben schon erwähnt wurde, sehr viel Wärme erzeugen; indem, nach den Versuchen von Legallois, warmblütige Thiere in dem Verhältnisse erkalten, als die Luft, in der sie respiriren, verdünnt wird. Brodie hat jüngst durch interessante Versuche gezeigt, daß bey aufgehobenem Einfluße des Nerven-Systems, und insbesondere des Gehirns, selbst bey fortgesetztem Athmen und bey derselben Veränderung der eingeathmeten Luft, die thierische W. sich fortwährend vermindert. Wahrscheinlich sind alle Prozesse der Verdauung, der Assimilation, Nutrition, uud der vielfältigen Absonderungen von der Art, daß dabey die Wärme-Capacität im Durchschnitte vermindert, folglich W. frey wird. Daher steht, unter übrigens gleichen Umständen, die Erzeugung der thierischen W. mit dem Grade von Vollkommenheit, womit alle diese Verrichtungen vor sich gehen, also mit der Intensität des Lebens überhaupt, im Verhältnisse; daher sie auch bey den so genannten unvollkommenen Thieren und den Pflanzen geringer ist. Uebrigens findet die obige Modification der Verbrennungs-Theorie auch hier ihre Anwendung. Ein gesunder, ruhig athmender Mensch, athmet in 24 Stunden 426240 K. Zoll atm. Luft ein, verbraucht davon 35550 K. Zoll oder 1 Pf. 21,25 Loth Sauerstoffgas, und erzeugt dafür 35550 K. Zoll oder 2 Pf. 9,7 Loth Kohlensäure. Zur Erzeugung dieser Menge von Kohlensäure müssen 20 Loth Kohlenstoff verbrannt seyn. Beym Verbrennen dieses Gewichts von Kohlenstoff entwickelt sich so viel Wst., daß dadurch 45,84 Pf. Wasser vom Eis- bis zum Siedepuncte erhitzt werden können. — Die ausgeathmete Luft enthält um 0,035 bis 0,095 weniger Sauerstoffgas als die eingeathmete. — Gleichwie man ein dunkles, lichtloses Verbrennen mit Entwicklung von W. (z. B. eines Gemenges von Aetherdampf oder Wasserstoffgas mit Sauerstoffgas oder atm. Luft in Berührung mit warmem Platindrahte), und ein leuchtendes Verbrennen ohne merkliche Wärmeentwicklung (z. B. beym langsamen Verbrennen des Phosphors) kennt, so gibt es auch ein wärmendes, nicht im geringsten leuchtendes, und ein leuchtendes, nicht bemerkbar wärmendes Respiriren: das letzte findet bey den Johanniswürmchen, mehreren andern leuchtenden Insecten und Mollusken Statt, welche nicht allein im gesunden Zustande, sondern auch in reinem Sauerstoffgas, und bey einer bis auf einen gewissen Grad erhöhten T. lebhafter leuchten, als bey geschwächter Lebenskraft, in sauerstoffarmer Luft, oder bey sehr niedriger T. (Berthollet, dann Allen und Pepy's, in Schweigg. J. 1.; Prout a. a. O. 15. — Davy in Gilb. A. 19.; Brodie in Gilb. A. 46 u. 37. Le Gallois in *Ann. de chim. et phys.* 4. Prout in Schweigg. J. 15, 47. — Dulong in Schweigg. 38, 505. — Prevost und Dumas in *Ann. de chim. et phys.* 28, 50. Scholz Chemie 2, 789).

Schlußbemerkung.

So weit wir aus den bisher angeführten Eigenschaften des Wst's. und aus den Gesetzen, an die er sich in seinen Wirkungen bindet, auf seine Natur schließen können, müssen wir uns denselben als eine äußerst feine, unwägbare, rein expansive, in der ganzen Natur verbreitete Flüssigkeit vorstellen, die zu allen Körpern Verwandtschaft hat, alle Körper durchdringet und ausdehnet, immer sich ins Gleichgewicht zu setzen strebet, jedoch wegen immer neuer Störungen nie dahin gelangt. — Weil man so oft Wärme in Licht und Licht in Wärme übergehen sieht, hat man beyde nur für Modificationen einer und derselben Materie gehalten. Dieser Meinung stellt man zwar die ganz verschiedenen, ja öfters denen der Wärme gerade entgegengesetzten, chemischen Wirkungen des Lichtes entgegen: allein da wir auch die Wärme in verschiedenen Graden von Intensität ganz entgegengesetzte Wirkungen, z. B. oxydirende und desoxydirende, hervorbringen sehen, so könnte man auch jenen Unterschied in dem Grade der Wirkungs-Intensität des Lichts und der Wärme als Modification eines und desselben Stoffes betrachten. Unsere bisherigen Erfahrungen reichen noch nicht hin, darüber zu entscheiden. Uebrigens lassen sich die Erscheinungen der Wärme eben so gut wie jene des Lichtes nach der Vibrationstheorie erklären, und oben (§. 233*) wurde bereits erwähnt, daß sich, nach dieser Ansicht, die wärmenden Aetherwellen von den leuchtenden bloß durch eine größere Länge unterscheiden. (H. C. Oersted's Ansicht der chem. Naturgesetze. Berlin 1812. S. 152 u. f. f.).

C.

Atmosphäre.

340. Wir sind aus einer großen Menge von Beobachtungen überzeugt, daß uns an der Oberfläche der Erde eine unsichtbare, elastisch-flüssige Substanz umhüllt: wir empfinden dieselbe, wenn wir die flache Hand, einen Fächer, oder eine andere Fläche schnell gegen das Gesicht bewegen; ihrer Bewegung schreiben wir den Wind mit seinen oft sehr großen Wirkungen zu; wir fühlen sie sanft beym ruhigen Athmen, und dem Winde ähnlich beym Blasen, Husten und dergl.; wir sehen die Vögel in dieser Substanz schwimmen, wie in den Flüssen und Seen die Fische; Aerostate steigen darin empor, wie Kork im Wasser; alle Gefäße, die wir gewöhnlich leer heißen, sind damit gefüllt; sie fährt heraus, wenn wir eine tropfbare Flüssigkeit hinein füllen, oder sie hindert das Letztere, wenn sie, wie es z. B. bey Flaschen mit sehr engen

Hälsen der Fall ist, der eindringenden Flüssigkeit auf dem schmalen Wege nicht ausweichen kann. In den ältesten Zeiten hielt man die elastische Hülle der Erde, welche wir athmen, unter dem Nahmen Luft für ein Element; seit dem man sich aber überzeugt hat, daß die Luft, welche die Erde umgibt, nicht nur zusammengesetzt ist, sondern auch andere, nicht unter die Lüfte im strengsten Sinne gehörige Substanzen enthält, hat man zur Bezeichnung derselben den Nahmen Atmosphäre (Atm.), welcher gleichsam einen Recipienten für alle flüchtigen Ausflüsse der Erde bezeichnet, allgemein angenommen, ihn mit Dunstkreis oder Luftkreis ins Deutsche übersetzt, und die davon hergeleitete Benennung atmosphärische Luft (atm. L.) als gleichbedeutend gebraucht.

In den neueren Zeiten hat sich die Bedeutung des Wortes »Atmosphäre« wieder erweitert, indem man es zur Bezeichnung aller luft- und dampfförmigen, wägbaren oder unwägbaren (ätherischen) Flüssigkeiten, die einen Körper umgeben, und mit ihm in einer gewissen Verbindung stehen, übertragen hat: so haben wir schon eine Wärme-, Elektricitäts- und Magneticitäts-Atmosphäre der Körper kennen gelernt; so sprechen die Astronomen von Atmosphären anderer Himmelskörper, z. B. von Sonnen-Atmosphären. Wenn man jedoch Atmosphäre ohne Zusatz braucht, so versteht man darunter jederzeit jene die Erde umfassende Sphäre, in der wir athmen, oder die Erd-Atmosphäre.

346. Die Atm. ist zwar so fein, daß sie sich durch die kleinsten Räume bewegen kann, z. B. durch die unsichtbaren Poren zwischen den Holzfibern; allein sie gehöret doch schon unter die sperrbaren Stoffe, indem sie eine Menge von Körpern, z. B. Metall, Glas und dergl., nicht durchdringt, daher in Gefäße eingeschlossen, und darin behandelt werden kann. Aus dieser Ursache kann die atm. L. auch nicht für so allgemein verbreitet angesehen werden wie die ätherischen Stoffe, sondern sie läßt sich von gewissen Räumen ausschließen, und es lassen sich in Versuchen die Körper ihrer Einwirkung entziehen: da jedoch die meisten irdischen Naturerscheinungen unter dem Einfluße der Atm. vor sich gehen, indem sie entweder ein thätiger Theilnehmer, oder doch wenigstens der Schauplatz derselben ist; da man ferner physikalisch-chemische Arbeiten im Großen demselben nie entziehen kann, und darauf stets Rücksicht nehmen muß, indem die Atm. durch Einwirkungen von mehrerley Art die

Körper zu verändern, und Erscheinungen zu modificiren im Stande ist: so folgt sie in Hinsicht der Allgemeinheit ihres Wirkungsvermögens gleich auf die Imponderabilien, und wird daher am schicklichsten nach ihnen abgehandelt. Es soll daher zuerst von den rein-physischen, dann von den physisch-mechanischen, endlich von den physisch-chemischen Eigenschaften der Atm. gehandelt werden.

Physische Eigenschaften der Atmosphäre.

347. In Hinsicht der **Durchsichtigkeit** übertrifft die Atm., wenn sie hell und heiter ist, d. h. ihre gesammten Gemengtheile sich im gasförmigen Zustande befinden, alle anderen uns bekannten Körper: nur die übrigen reinen Gasarten kommen ihr darin gleich. Sie ist daher selbst in ziemlich großen Massen unsichtbar. Obschon aber die Luft die **meisten** Lichtstrahlen durchläßt, und daher im Brennpuncte von Brenngläsern und Spiegeln nicht erwärmt wird: so läßt sie doch nicht **alle** Strahlen durch; denn sehr große Massen von Luft werden durch das Licht, welches sie nicht durchläßt, sondern zurückwirft, sichtbar. Wolken, Nebel, Regen, Rauch, Staub und dergl. benehmen der Atm. die Durchsichtigkeit oft ganz. Außer diesen gehen in ihr noch andere allmählige oder plötzliche, vorübergehende oder länger anhaltende Veränderungen der Durchsichtigkeit vor, die mit freyen Augen nicht leicht wahrgenommen werden, die sich aber bey dem Sehen durch Teleskope oder Mikroskope durch Verdunklung der Objecte, und bey Versuchen mit Brenngläsern oder Spiegeln durch Schwächung der Kraft des auf undurchsichtige Gegenstände fallenden Brennpunctes, zu erkennen geben. Darauf gründet sich die Einrichtung der **Diaphanometer** oder Luftdurchsichtigkeitsmesser.

Nach angestellten Berechnungen gelangen nur 0,75 des senkrecht auf die Atm. fallenden Sonnenlichtes bis auf die Oberfläche der Erde. Nach **Bouger's** Beobachtungen ist die Intensität des von der 66° hoch stehenden Sonne kommenden Lichtes 1½ Mahl so groß, als jene des von der nur 19° hoch stehenden Sonne kommenden Lichtes. Die Lichtstärke der Sonne vermindert sich nahe bey ihrem Untergange so sehr, nicht nur wegen des Schiefeinfallens der Strahlen, sondern auch weil sie einen so großen Weg durch die unteren, dichtesten Schichten der Atm. machen müssen. Wenn die Atm mit der Dichtigkeit, die sie an der Meeresfläche hat, sich über 130 Meilen erstreckte, würde durch dieselbe gar kein Licht von der Sonne und von den Gestirnen

mehr zu uns gelangen (§. 228*), so wie, nach Versuchen in der Taucherglocke, 700 Fuß tief in den Ocean kein Licht mehr dringt. Nach Saussure's Photometer (§. 287) ist auf hohen Bergen die Licht-Intensität der unmittelbaren Sonnenstrahlen größer als in tiefen Gegenden. Ueber die größere Durchsichtigkeit der Atm. in den Tropengegenden s. §. 268*. Nach Andern wäre die Licht-Intensität noch 12 Mahl stärker, wenn dieselbe nicht schon durch die dunkle Sonnen-Atm. gemildert würde (§. 235).

347. Ein Beweis der unvollkommenen Durchsichtigkeit der Atm. ist die blaue Farbe, womit sie uns selbst in ihrer größten Reinheit erscheint, und jenes Azurgewölbe darstellt, welches wir (als den scheinbaren Anheftungsort der Gestirne) Firmament, oder den (blauen) Himmel nennen. Auch sehr entfernte, vorzüglich dunkle Gegenstände, z. B. mit Wäldern bewachsene oder kahle Berge (nur keine Gletscher), erscheinen uns blau, indem wir sie durch die große Schichte der zwischen ihnen und dem Auge liegenden Luft, wie durch ein schwach blau gefärbtes Glas sehen. Die Intensität dieser blauen Farbe der Atm. ist nicht immer gleich, und nicht allein von dem Zustande der Wasserdämpfe in der Atm., sondern auch von dem Stande der Sonne, von der Art der Beleuchtung überhaupt, und von andern Nebenumständen abhängig: gegen Mittag, und in einer mondhellen Nacht ist das Himmelsblau intensiver, als beym Auf- und Untergange der Sonne, im Winter unter übrigens gleichen Umständen intensiver als im Sommer, u. dgl. Saussure hat ein Kyanometer, d. h. einen Himmelsblaumesser angegeben, welches aus einer in 51 Felder eingetheilten Fläche besteht, wovon jedes mit einer andern Schattirung blauen Pigments, vom lichtesten durch Beymischung von Weiß erhaltenen, bis zu dem dunkelsten mit einem Zusatze von viel Schwarz hervorgebrachten, bestrichen ist. Beym Gebrauch stellt man diese Vorrichtung an einem freyen Orte zwischen das Auge und den Himmel, und sucht vergleichend die Schattirung, welche mit jener des Himmels am meisten übereinkömmt. Parrot (Physik der Erde, S. 402) hat ein ähnliches Kyanometer vorgeschlagen.

Unter den von der Erde reflectirten Sonnenstrahlen werden auf dem Rückwege durch die Atmosphäre von dieser bloß die brechbarsten, und daher auch die am leichtesten zurückwerfbaren, die blauen wieder auf die Erde zurückgeworfen, die übrigen gehen ungehindert durch: daher erscheint den Erdbewohnern ihre Atm. blau. Humboldt fand in

der heißen Zone nicht allein die Durchsichtigkeit der Atm. viel grö- ßer, sondern auch das Himmelsblau viel intensiver, wahrscheinlich weil sich dort keine Wasserdämpfe auf der Uebergangsstufe in der tropf- baren Form befinden. Nach Saussure ist das Himmelsblau auf hohen Bergen viel dunkler als auf Ebenen oder in Thälern. Er nimmt deßwegen an, die blauen Strahlen werden bloß von den der Luft bey- gemischten Wasserdämpfen reflectirt; obschon sich diese Erscheinung (wenn ein dunkelblauer Himmel nicht so häufig ein Vorläufer von Regenwetter wäre) auch daraus erklären ließe, daß die in der Höhe sehr verdünnte Luft überhaupt wenig Licht reflectirt, daß wir durch sie leichter in den leeren, also finsteren, Himmelsraum sehen, durch des- sen Schwarz das Himmelsblau (wie am Kyanometer durch Zumischung von Kienruß) immer dunkler werden muß, je höher man kommt. Ei- nige sprechen (Schweigg. J. 33, 237) von einer grünen Färbung des Himmels als einer Seltenheit; beym Abendroth wird dieselbe aber an einzelnen Stellen häufig beobachtet.

348. Wenn die Lichtstrahlen aus dem leeren Raume in die Atm. treten, werden sie, so wie bey dem Uebergange aus einem dünneren Mittel in ein dichteres, gebrochen. Die Stärke der absoluten brechenden Kraft der Atm. steht mit ihrer Dichtigkeit im geraden Verhältnisse, und muß also, so wie diese, veränderlich seyn. Da die Dichtigkeit der Atm. mit der Annäherung gegen die Erde zunimmt; so werden die Lichtstrahlen in den oberen Schichten weniger als in den unteren gebrochen, und sie müssen daher in einer krummen Linie die Erde treffen. Die Gestirne erscheinen dem Beobachter auf der Oberfläche der Erde wegen der Brechung, welche die von ihnen in das Auge des letzteren gelangenden Strahlen beym Durchgange durch die Erd-Atmosphäre erleiden, höher über dem Horizonte, als sie sich wirklich befinden (so wie uns in Wasser getauchte Objecte höher er- scheinen §. 274). Diese Erscheinung heißt die astronomische Strahlenbrechung. Nahe am Horizonte (wo sie sehr unsicher und veränderlich, daher schwer in Rechnung zu bringen ist) beträgt sie 32 bis 33 Minuten; in einer Höhe von 45° kaum 1 Minute, und in einer Höhe von 75° kaum 16 Secunden. Durch sie sehen wir die Sonne über dem Horizonte, wenn sie eigentlich um ihren ganzen Durchmesser unter demselben ist; durch sie wird die Dauer des längsten Tages noch um 8,5 Minuten verlängert, und die halb- jährige Nacht in den Polargegenden mehr als um Einen Monath ab- gekürzt; ihr verdanken wir die Morgen- und Abenddämmerung, wo-

durch wieder die lange Nacht in dem ewigen Winter der Polargegenden erträglicher wird. — Die zunehmende Brechung des Lichtes in der gegen tiefere Gegenden immer dichter werdenden Atm. hat auf die scheinbaren Orte irdischer Höhen, also auch auf die geometrischen Höhemessungen, Einfluß, welche dadurch bedeutend unrichtig werden, und eine eigene Correction erfordern: man nennet diese zum Unterschiede von der astronomischen, die irdische Strahlenbrechung.

Die Luftspiegelung (Kimmung, *Mirage*, *Looming*, Fata Morgana) ist eine ungewöhnliche Modification der Strahlenbrechung in den untersten Schichten der Atm., welche vorzüglich zur Zeit, wenn die Sonne von dem Horizonte nicht weit entfernt ist, an heißen Tagen, in großen Ebenen, z. B. auf der See, am Ufer des Meeres, großer Ströme, in Steppen und Sandwüsten u. dgl. bemerkt wird, und wodurch es geschieht, daß irdische, an oder unter dem Horizonte befindliche Gegenstände über demselben erscheinen, manchmahl ganz in der Luft schwebend aufrecht oder umgekehrt über dem eigentlichen Bilde des Gegenstandes; seltner scheinen sich die Gegenstände dadurch zu senken. Dem Seefahrer erscheinen dadurch die Gestade noch sehr weit entlegener (also unter dem Horizonte befindlicher) Länder, die sich verlieren, so wie er darauf zusteuert; auf dem Lande wird dadurch, z. B. ein Dorf, an einem Orte sichtbar, wo es sonst durch einen Hügel gedeckt wurde; in Afrika's Sandebenen scheinen die etwas entfernten Dörfer in Wasser zu stehen, in welchem man, wie in Spiegeln, ihre verkehrten Bilder sieht; dieses vorgespiegelte Wasser zieht sich aber zurück, so wie man sich nähert. Die Ursache davon scheint in den durch die Berührung mit dem heißen Boden stark ausgedehnten Luftschichten zu liegen, welche bey ruhigem Wetter, wegen des Beharrungsvermögens der übrigen Luft, sich nicht sogleich auf eine ihrer Dichtigkeit entsprechende Höhe erheben, sondern unten stagniren; die von den Gegenständen kommenden Lichtstrahlen passiren nun Luftschichten von verschiedener Dichtigkeit, werden dadurch verschieden gebrochen und von ihrem geradlinigen Wege abgelenkt, kommen also in einer ganz andern Richtung ins Auge, als sie vom Gegenstande ausgingen; das Auge versetzt den Gegenstand an das Ende einer geraden Linie in jene Gegend, wohin die letzte Richtung der unmittelbar ins Auge gelangenden Lichtstrahlen weiset (§. 274. Biot in Gilb. Ann. B. 47. — Gruber und Woltmann in der Abhandl. der Böhmischen Ges. der Wissensch. B. 2 und 3). Man kann diese Erscheinung nachmachen, wenn man in einem gläsernen Troge eine Schichte conc. Schwefelsäure vorsichtig mit einer Schichte Wassers bedeckt: die Schwefelsäure verbindet sich nur langsam und allmählich mit dem über ihr

stehenden Wasser und bildet Schichten von immer abnehmender Dichtigkeit; sieht man nun einen Gegenstand durch die Längenachse des Troges an, so erscheint er doppelt. Daher das Zittern der Gegenstände, die man durch die erhitzte Luft über einem brennenden Kalkofen u. dgl. ansieht.

349. Weil die atm. L. den freyen Durchgang der Sonnenstrahlen nur äußerst wenig hindert, so wird sie durch dieselben auch nur sehr wenig erwärmt, und zwar in den oberen dünneren Schichten noch weniger als in den unteren dichteren. Wenn aber die Sonnenstrahlen an der Oberfläche der Erde auf undurchsichtige Substanzen stossen, dadurch in ihrer Bewegung gehemmt und zu geleiteter oder fortführbarer, also auf das Gefühl und auf das Thermometer wirkender Wärme gemacht werden; so theilt sich diese der untersten, in unmittelbarer Berührung stehenden Schichte der Atm. mit, welche dadurch ausgedehnt und leichter gemacht, nach aerostatischen Gesetzen in die Höhe steigt, von einer andern kälteren Luft-Portion ersetzt wird, welche bald dasselbe Schicksal erleidet: dadurch wird ein beständiger Luftzug von unten nach oben unterhalten, und die Wärme in der Atm. nach den für flüssige Körper (§. 300) gefundenen Modificationen (nähmlich durch eigentliche Leitung und durch Fortführung) verbreitet. Weil die erwärmte Luftschichte sich während des Aufsteigens einem um so größeren Theile des Druckes der übrigen Atm. entzieht, je höher sie steigt; weil sie sich daher in eben diesem Verhältnisse ausdehnt und dadurch wieder ihre Wärme-Capacität vermehrt und ihre T. vermindert (§. 327); da sie überdiß beym Emporsteigen durch die oberen kälteren Luftschichten abgekühlt wird: so wird sie nicht hoch zu steigen brauchen, um mit den umgebenden Luftschichten eine gleiche T. und Dichtigkeit zu erhalten. Wenn die Luftschichte mit den umgebenden in Hinsicht der T. und folglich auch der Dichtigkeit im Gleichgewichte stehet, so verliert sie jeden in ihr selbst liegenden Bestimmungsgrund, höher zu steigen; weil aber immer ähnliche Schichten nachkommen, so wird sie durch diese mit Gewalt höher gehoben, dabey dehnt sie sich immer mehr aus, gewinnt an Wärme-Capacität und verliert in eben diesem Verhältnisse an T., wird also immer kälter. Daher bemerken die Luftfahrer, daß das Thermometer um so tiefer sinkt je höher sie sich in der Atm. erheben, und daß es öfters den Eispunct erreicht, wenn sie auch an einem heißen Sommertage von der Erde aufsteigen; daher kommt es, daß

die Gipfel hoher Berge immer mit Schnee bedeckt bleiben; denn da sie nur wie isolirte, von einander weit entfernte Puncte in dem großen Oceane der Atm. dastehen, so wird die Wärme, welche sie durch Absorbtion der Sonnenstrahlen entwickeln, in einen zu weiten Raum zerstreut, als daß sie bemerkbare Wirkungen hervorbringen, z. B. den im Winter gefallenen Schnee während des kurzen auf ihnen Statt findenden Sommers wegschmelzen könnte. Jene Höhe der Berge, über welche hinaus der horizontale Boden das ganze Jahr ohne Unterbrechung mit Schnee bedeckt ist, wo also der neue Schnee jährlich noch auf alten fällt, heißt die Gränze des ewigen Schnees, oder kürzer, die Schneegränze.

Aus dem Gesagten erhellet, daß die Schneegränze sich desto weiter über die Oberfläche der Erde (über die Meeresfläche) erheben muß, je höher die T. in dieser Gegend an der Meeresfläche selbst ist: nach Humboldt liegt die Schneegränze unter dem Aequator 2532 W. Kl (2464 Toisen) über der Meeresfläche, und senkt sich nahe an den Wendekreisen beyläufig nur um 100 Klaftern; unter dem 35° nördlicher Breite liegt die Schneegränze 1849 Kl.; unter dem 40° n. Br. 1644; unter dem 45° n. Br. 1317 Kl.; unter dem 65° n. Br 790 Kl.; auf Talvigs Gebirgen 70° n. Br. 565 Kl.; in den Pyrenäen (42—43° n. Br.) 1286 Kl.; in den Alpen (45—46° n. Br.) auf einzeln stehenden Bergkegeln 1423 Kl., auf zusammenhängenden Gletschern aber, derer Gipfel 1630 Kl. übersteigt, nur 1340 Kl. über der Meeresfläche. An der Südseite des Rosagebirges (46° n. Br.) fand Parrot die Schneegränze 1656 Kl. über der Meeresfläche. Auf dem 1100 Kl. hohen Schneeberge in Oesterreich und auf der 840 Kl. hohen Schneekoppe im Riesengebirge thaut zwar der Schnee in tiefen Schluchten während des Sommers nicht auf; dessen ungeachtet kann man nicht sagen, daß diese Berge die Schneegränze erreichen; denn solche tiefe Schluchten sind wie Eiskeller zu betrachten, in denen man unter jeder Breite und in jeder Höhe größere Eismassen über den Sommer aufbewahren kann. Dieselbe Bewandtniß hat es mit den Eisstollen zu Herrengrund, mit der Eishöhle nächst Rosenau in Ungarn, mit mehreren andern Eishöhlen, mit der Eiskapelle am Königssee nächst Berchtesgaden u. dgl. m. Am Kaukasus (43° n. Br.) liegt die Schneegränze nach Engelhardt und Parrot 1693 Kl., nach Kupffer und Lenz 1775 Kl. über der Meeresfläche. In Ostindien stieß Weeb am Himalaya (30° 26′ n. Br.) erst in einer Höhe von 1855 (nach Humboldt 1953) Kl. auf den ewigen Schnee. Am nördlichen Abhange des Himalaya soll, nach Humboldt die Schneegränze sich auf 2569 Kl. erheben. Bey 75° n. Br. senkt sich die Region des ewigen Schnees bis an die Meeres-

fläche selbst herab. Die Schneegränze kann also durch eine krumme Linie bezeichnet werden, die sich am Aequator am meisten von der Meeresfläche entfernt, sich ihr aber von hier aus gegen die Pole zu immer mehr nähert, und endlich bey 75° n. Br. (auf der südl. Erdhalbkugel schon bey 65° südl. Br.) mit derselben zusammenfällt. Doch ist die Höhe der Gletscher-Region nicht bloß von der geographischen Breite, sondern von dem Klima der Gegend überhaupt und von mehreren Local-Verhältnissen abhängig; daher muß man sich die Schneegränze nicht als eine Linie im mathematischen Sinne, sondern als eine senkrechte Fläche vorstellen, der man eine Breite von beyläufig 300 Klaftern geben kann, und durch deren Mitte man sich die eben genannte Linie, als Zeichen der Schneegränze, gezogen denkt. — Unter dem Aequator ist bey einer mittleren T. von + 22° R. an der Meeresfläche die geringste Höhe, in der Schnee fällt, 2096 W. Klaft., und die unterste Gränze des ewigen Schnees liegt nur 2528 Kl. hoch: also Differenz nur 432 Klaft. Unter dem 20° n. B. ist bey einer mittl. T. von + 19°,6 R. die geringste Höhe, in welcher Schnee fällt, 1593 Kl., die niedrigste Gränze des ewigen Schnees 2425 Kl., also Differenz 832 Kl. Unter dem 40° n. B. ist die mittl. T. + 13°,6 R., die geringste Höhe, in der Schnee fällt 1582 Kl., die niedrigste Gränze des ewigen Schnees 2582 Kl.; also Differenz 1000 Kl. — Nach v. Buch ist die Höhe der Schneegränze nicht von der Kälte des Winters oder von der mittleren T. einer Gegend, sondern von der Summe der Wärme der Schnee schmelzenden Monathe abhängig; daher in Island (unter 65° n. Br.) die Schneegränze sich nicht über 496 Kl. erhebt, da sie in Lappland unter 71° n. B. über 560 Klafter hoch liegt. — Durch die Gränzen des ewigen Schnees wird zugleich der Schauplatz des organischen Lebens geschlossen. — Pictet beobachtete durch längere Zeit drey correspondirende Thermometer, wovon das eine auf einer Stange 75 Fuß hoch, das andere nur 5 Fuß hoch über dem Boden hing, das dritte aber auf der Erde lag, und die Kugel leicht mit Erde bedeckt hatte: in den heißesten Stunden des Tages stand das oberste Thermometer um 2° niedriger, das mit der Kugel in der Erde hingegen um einige Grade höher als das mittlere. Dieses dient zum Beweise, daß die Erzeugung der fühlbaren und auf das Thermometer wirkenden Wärme aus den Sonnenstrahlen auf der Oberfläche der Erde vorgeht, und daß von derselben die T. der Luft um so weniger erhöht wird, je weiter sie von dieser Werkstätte der Wärme entfernt ist. Dieses ist aber nur so lange der Fall, als die Erdoberfläche von der Sonne beschienen wird; nach Sonnenuntergange strahlet der erhitzte Boden Wärme aus, und kühlet dadurch bald unter die T. der von ihm früher erwärmten Luft ab; die mit ihm in Berührung stehende Luftschichte wird durch ihn gleichfalls abgekühlt, und weil sie

dadurch schwerer wird, so kann der eben beschriebene Luftzug von unten nach oben und von oben nach unten, mit einem Worte, das Wärmefortführungsgeschäft, nicht Statt finden; weil aber das eigentliche Wärmeleitungsvermögen der Luft sehr gering ist; so muß in windstillen heitern Nächten die unterste Luftschichte die kälteste seyn, bis zu einer gewissen Höhe immer wärmer werden, von dieser aus aber dann wieder, wie bey Tage, kälter werden. In solchen Nächten sah Pictet das oberste von seinen drey Thermometern um mehr als 2° R. höher stehen als das mittlere, und als er das letztere nur einige Linien hoch über das Gras hing, fiel es noch mehr. Daß das Gras und die Oberfläche des Bodens unter diesen Umständen am kältesten sey, bemerkte erst Wells und gründete darauf seine schöne Theorie des Thaues (§. 321* Brandes in Gilb. A. 34). — Nach Saussure fällt das Thermometer im Sommer bey 116, im Winter bey 142 W. Kl. senkrechter Erhebung in der Atm. um 1° R. Humboldt sah bey der Besteigung des Chimborazo das Thermometer für jede 125 Kl. senkrechte Erhebung um 1° R. (in sehr beträchtlichen Höhen etwas mehr) sinken. Auf der Spitze des ganz isolirten, daher für solche Versuche vorzüglich geeigneten Pics von Teneriffa sah Humboldt das Thermometer auf 2°,16 R. stehen, während es zur nähmlichen Zeit am Meeresufer 18°,24 R. zeigte; folglich Differenz 16°,8 R.; und da der Pic 1956 Klafter hoch ist, so kömmt 1° R. Temperaturs-abnahme auf jede 119 Kl., oder 1° C. auf jede 95 Kl. Erhebung. Die Abnahme der T. beym Erheben in ganz freyer Luft hat man noch nicht genau beobachten können, weil die Luftbälle, in denen allein solche Beobachtungen angestellt werden können, zu schnell steigen und fallen, als daß der Gang der Thermometer ihnen folgen könnte; doch scheint aus den bisherigen Beobachtungen hervorzugehen, daß nahe an Schneebergen die T. niedriger ist, als in derselben Höhe in freyer Luft. Gay Lussac beobachtete auf seiner Luftfahrt in einer Höhe von 2281 W. Kl. eine T. von + 6°,5 R.; Saussure in derselben Höhe auf dem Montblanc bey schönem Wetter — 1°,84 R. Die Ursache der niedrigern T. auf Schneebergen (im Sommer) mag in dem großen Verbrauche der kaum frey gewordenen Wärme zum Schneeschmelzen zu suchen seyn. Auf weit ausgedehnten schneelosen Bergebenen (Plateaux, derer es vorzüglich viele und hohe auf den Cordilleren gibt) ist die Luft bey weitem wärmer, als auf einzelnen Bergen von derselben Höhe.

350. Aus dem Gesagten erhellet, daß die Erhöhung der T. unserer Erde und Atm. mit der Menge der auffallenden und mit der Menge der in geleitete Wärme verwandelten Sonnenstrahlen im geraden Verhältnisse stehen muß. Eine größere Entfernung von der Sonne, häufige Sonnenflecken u. dgl. thun also dieser Tempera-

turs-Erhöhung Abbruch. Je länger die Sonne über dem Horizonte bleibt, je länger also die Tage sind, desto mehr Sonnenstrahlen fallen unter übrigens gleichen Umständen auf die Erde. Da der Erwärmungs-Prozeß durch die Sonnenstrahlen erst an der Oberfläche der Erde vorgeht; so muß Alles, was die Sonnenstrahlen hindert, bis dorthin zu gelangen, z. B. ein bey Tage beständig überzogener Himmel, dichte Wolken, häufige Nebel u. dgl. auch der Erwärmung Eintrag thun; obschon vielleicht unter diesen Umständen die T. der oberen Luftschichten etwas höher als sonst seyn kann. — Die Absorbtion der Sonnenstrahlen an der Erdoberfläche, und ihre Verwandlung in solche Wärme, die sich dann weiter leiten oder fortführen läßt, wodurch also die Atm. selbst erwärmt wird, hängt von mehreren Umständen ab. Der wirksamste dieser Umstände ist die Art, wie die Sonnenstrahlen auffallen: senkrecht auffallende Strahlen erwärmen am meisten; je schiefer sie aber einfallen, desto mehr werden sie zurückgeworfen, desto weniger absorbirt. Ueber dieß fallen auf eine gleich große Fläche von demselben strahlenden Puncte eine geringere Menge schiefer als senkrechter Strahlen. Daher ist es zwischen den Wendekreisen (in der heißen Zone), wo die Sonne zwey Mahl des Jahres den Bewohnern senkrecht über den Köpfen stehet, und die Strahlen auch in der übrigen Zeit des Jahres nur sehr wenig schief einfallen, am heißesten; je mehr sich eine Gegend von den Wendekreisen entfernt und den Polen nähert, desto schiefer fallen die Strahlen ein, desto gemäßigter, und endlich auch kälter wird die Atm. Im Winter fallen bey uns die Sonnenstrahlen schiefer ein als im Sommer, darum ist es in jener Jahreszeit kalt, in dieser warm, ungeachtet der Erdball im Winter (im December) der Sonne am nächsten kommt. Zur Vermehrung der Kälte im Winter und der Hitze im Sommer trägt auch noch der Umstand viel bey, daß in den kurzen Wintertagen die Erde durch eine viel geringere Dauer dem Einfluße der Sonnenstrahlen ausgesetzt ist, als in den langen Sommertagen. Nahe beym Auf- und Untergange erwärmt die Sonne durch ihre schiefen Strahlen bey weitem nicht so kräftig, als um die Mittagszeit, wo sie für jede Gegend am senkrechtesten stehet. In der Nähe von Mauern, Dächern, Abhängen, welche unter einem solchen Winkel geneigt sind, daß die Sonnenstrahlen senkrecht auffallen, ist es immer etwas wärmer, als weiter davon entfernt. Daher gedeiht bey uns der Wein am besten auf der Süd-

seite freyer Hügel, wie z. B. in Tokay. Der zweyte Umstand, welcher einen vorzüglichen Einfluß auf die Bestimmung der T. einer Gegend nimmt, ist die Beschaffenheit des Bodens: hier kommt es auf alle jene Bedingungen an, von welchen schon in den §§. 297 und 299 die Rede war: ein dunkelgefärbter Boden absorbirt mehr Sonnenstrahlen, als ein lichter; besteht die Erdoberfläche aus Substanzen, die gute Leiter sind, so erwärmt sie sich schneller und theilt ihre W. auch geschwinder der Atm. mit, als wenn sie aus schlechten Leitern bestehet; ist der Boden überdieß trocken, ohne Vegetation, so darf nichts von der neuerzeugten W. zur Verdünstung des Wassers und zur Unterhaltung des Vegetations-Prozesses verwendet werden, er behält also alle erzeugte Wärme zur Erhöhung seiner eigenen T., und jener der Atm.

Die heißesten Temperaturen der Atm. sind nicht zwischen den Wendekreisen zu suchen, wegen der stets gleichen Tage und Nächte, sondern etwas außerhalb derselben, vorzüglich zwischen Egypten, Arabien und dem persischen Meerbusen, weil dort in manchen Gegenden alle der Erhitzung günstigen Umstände zusammentreffen: daher haben die französischen Gelehrten bey Ombos und bey Edfon das Thermometer im Schatten auf + 36° R. dauernd stehen gesehen; und am 22. September 1799 soll es nahe an dem erhitzten Boden sogar bis + 43° R. gestiegen seyn. Ritchie und Cap. Lion sahen in der Oase Muronu das Thermometer Monathe hindurch zwischen + 38 und 43° R. stehen. Am rothen Meere zeigt das Thermometer Mittags + 35,°2 R., um Mitternacht + 28° R. Falbe sah es zu Tunis im August 1826 im Schatten auf + 35,°8 R. steigen. Zu Benares (25° 20′ n. B.) erreicht die Hitze im Sommer über + 35° und sinkt im Winter unter + 7° R. In einer Staubwolke in den Lanos d'Azure sah Humboldt das R. Thermometer auf + 35°, im Sande selbst auf + 42° steigen. Nun kann man sich auch erklären, warum bebaute, fruchtbare, waldige Gegenden, selbst in der heißen Zone, mäßiger warm sind als kahle, sandige, felsige; warum auf kleinen Inseln und an den Ufern des Meeres, oder auch nur großer Ströme die Hitze selten so drückend wird, als in dem Innern großer Welttheile (in den Binnenländern). Die weiße Farbe des Schnees und seine schlechte Leitungsfähigkeit tragen gewiß das Ihrige zur Vergrößerung und Verlängerung der Winterkälte, und zur Verewigung der Schnee- und Eisdecken auf hohen Bergen bey. — So wie jene T. von + 43° R. in Afrika's Sandmeeren die höchste ist, bis auf welche man bisher die Atm. erhitzt gefunden hat: so kennet man, zuverläßigen Beobachtungen zu Folge, keine größeren Grade von natürlicher Kälte, als von — 45° R. Zu

Calix, in der fernsten Lappmark am nordischen Meerbusen, soll am Christtage 1820 die Kälte — 45° R. erreicht haben. Die tiefste von Gieseke während seines 7jährigen Aufenthalts in Grönland beobachtete T. war — 34° R.; von Capitän Cochrane zu Nischney-Kolymsk in Sibirien — 42° R., zu Jakutzk — 52° R. (?). Die zu Cumberland-House (in Amerika 54° n. B.) überwinternden HH. Hood und Richardson sahen an mehreren Tagen das Thermometer unter — 28° R., Stuard das seinige zu Chipewyan (unter 57°,5 n. B.) auf — 35° R. fallen. An dem letzten Orte stieg die T. am 25. Junius zu Mittag auf + 14° R. Zu Fort Enterprise (64°,5 n. B.) sank das Thermometer im December 1820 auf — 40° R., stand in Franklin's Schlafzimmer nur 16 Fuß vom Feuer manchmahl unter — 21° R., und Morgens, ehe das Feuer angezündet wurde — 32° R.; der Wasserfall des Flußes blieb aber den ganzen Winter über offen und die T. des Wassers war = 0 R. Bey der größten Kälte war die Luft immer ruhig, so daß die Leute ohne Nachtheil im Freyen arbeiten, z. B. Holz fällen konnten; doch zerbrachen sie viele Aexte, weil die Bäume durch und durch gefroren waren; dieß war auch bey den Fischen der Fall, daher sie auf einen Schlag mit der Axt wie Eisklumpen zersprangen, und die Eingeweide wie eine Steimasse herausfielen. — Parry sah auf der Küste von Waigat unter 71° n. B. und 56° ö. L. das Thermometer am 16. Junius Mittags in der Sonne über + 20° R. steigen, und um Mitternacht, als die Sonne am niedrigsten stand (weil sie dort in dieser Jahreszeit nicht untergeht) unter den Gefrierpunct des Seewassers fallen, und dieser Kälte ungeachtet die weißen Haasen dort noch ein Mahl so groß wie in England. — Bemerkenswerth ist die bey weitem niedrigere T. auf der südlichen Halbkugel der Erde, im Vergleiche mit der nördlichen, vorzüglich in beträchtlicheren Breiten: der Südpol ist auf eine Entfernung von 18° mit ewigem Eise umgeben, der Nordpol nur in einem Umkreise von 9°; die südlichste Spitze von Amerika, die mit Preußen vom Aequator gleich weit entfernt liegt, ist mit ewigem Schnee bedeckt. Die Ursache dieser niedrigern T. auf der südlichen Hälfte der Erde mag in folgenden Umständen zu suchen seyn: 1) Verweilt die Sonne 6 Tage länger in der nördl. als in der südl. Halbkugel; 2) ist in der südlichen Hemisphäre kaum halb so viel festes Land, als in der nördlichen, es werden also dort nicht so viele Sonnenstrahlen absorbirt (§. 376). Aus ähnlichen Ursachen mag die Hemisphäre, worin Amerika liegt, nicht so warm seyn, als jene der alten Welt. — Einige Naturforscher nehmen an, die Erde werde durch ein eigenes Central-Feuer erwärmt, Andere, es sey bey ihrer Bildung aus dem flüssigen Zustande so viel Wärme frey geworden, daß sie erst nach Jahrtausenden ganz erkalten könne. — Die Wärme der Erde, so tief wir bisher in sie eingedrungen sind, ist bey

weilem nicht überall gleich: in einigen tiefen Schachten fand man sie + 8° R., in andern + 23° R. In der Regel nimmt die T. mit der Tiefe so zu, als ob die Atm. nicht nur von ihrer äußersten Gränze bis zur Oberfläche der Erde, sondern von hier aus auch noch weiter bis gegen den Mittelpunct der Erde wärmer würde (Uebersicht der Beobachtungen ü. d. Temperaturszunahme mit der Tiefe in Bergwerken, Gilb. A. 76, 390). Die T. des Meeres nimmt mit der Entfernung von der Oberfläche ab: nach Perron's unter dem Aequator angestellten Beobachtungen hatte das Meer auf der Oberfläche eine T. von + 24,08 R., in einer Tiefe von 500 F. + 20°; in einer Tiefe von 1200 F. + 7°,8 R.; das aus einer Tiefe von 2144 Fuß herausgehobene Thermometer zeigte + 6° R., da es aber während des 3/4stündigen Heraufziehens wieder bedeutend gestiegen seyn mußte, so berechnet Parrot die T. des Meeres in der letzten Tiefe auf — 2° R. Auch Horner, und in den neuesten Zeiten Capitän Roß, fanden das Meer in gewissen Tiefen bis unter den Eispunct abgekühlt. Unter den gewöhnlichen Umständen gefriert zwar Meerwasser schon bey — 1°,8 R.; allein in jenen Tiefen wird es durch den großen Druck der darüber stehenden Wassersäule am Gefrieren gehindert; sonst gäbe es in den Tiefen des Meeres eben so eine Eisgränze, wie in den Höhen der Atm. eine Schneegränze; jene müßte, so wie diese, am Aequator von der Oberfläche am entferntesten liegen, und nahe an den Polen (wie es das Polareis beweiset) die Meeresfläche schneiden, also mit der Schneegränze zusammenfallen. Auch die T. der Quellen läßt uns nicht zuverlässig auf die Erde-Temperatur schließen, weil wir nicht wissen, woher sie eigentlich kommen. (*Sur l'état thermometrique du Globe terrestre: Ann. de chim. et phys.* 29, 407).

351. Allgemein bekannt ist endlich die Macht der Winde auf die Aenderung der atm. Temperatur, deren plötzliche Abwechslungen meistens aus dieser Ursache entspringen. Winde kühlen die heiße Atm. ab, wenn sie aus kalten oder feuchten Gegenden kommen, und sie bringen Wärme mit, wenn sie aus wärmeren Zonen blasen. Die bewegte Luft macht schon an und für sich die Hitze unserem Gefühle erträglicher, wenn sie auch das Thermometer gar nicht verändert, weil sie dadurch zu einem besseren Leiter (eigentlich Fortführer) wird, und die Verdünstung beschleunigt. An heißen Sommertagen wird an Orten, wo die Bewegung der Luft gehindert ist, z. B. in engen, von Felsenwänden eingeschlossenen Thalkesseln, die Hitze öfters unerträglich. Seewinde mäßigen die Hitze im Sommer, die Kälte im Winter. Gegenden, die den warmen Winden offen, vor den kalten hingegen geschützt sind, haben ein wärmeres Klima, als solche, wo der Fall umgekehrt ist. Im Allgemeinen tragen die Winde sehr

viel zur Mäßigung der Temperatur-Extreme bey, die sonst aus den anderen angeführten Ursachen an der Oberfläche der Erde herrschen, und einen viel größeren Theil derselben, als es jetzt der Fall ist, wegen zu großer Hitze und wegen zu großer Kälte unbewohnbar machen würden. Hierher ist vorzüglich jener Luftzug zu rechnen, von dem §. 349 die Rede war: die an dem heißem Boden der dem Aequator näher liegenden Erdstriche ausgedehnte Luft steigt in die Höhe, wird später von der nachkommenden noch höher getrieben, dadurch ausgedehnt und abgekühlt; zu ihrem Ersatze strömt die kältere Luft von den Polargegenden unten zu, mäßigt etwas die Hitze jener Gegenden, erleidet aber in Kurzem dieselben Veränderungen. Die aus den Polargegenden unten zuströmende Luft muß in ihrer Heimath durch die herabsinkenden oberen Luftschichten ersetzt werden; wie diese tiefer also unter einen größeren Druck kommen, verlieren sie an Wärme-Capacität und gewinnen eben so viel an T., mäßigen also dadurch die Kälte der Polargegenden. Dieß mag die Ursache seyn, warum dort die Schneegränze immer viel höher liegt, als sie die Rechnung angibt. Der leere Raum über den Polargegenden, den die herabsinkenden höheren Luftschichten hinterlassen, wird durch die in den Höhen der Atm. von dem Aequator herströmende (gleichsam überfließende) Luft erfüllt, und so eine stete Bewegung im Luftkreise unterhalten, derjenigen ähnlich, die wir das in einem hohen Glas-Cylinder von unten erwärmte Wasser machen sehen (§. 300*).

352. Daß auch der elektrische Zustand der Atmosphäre zur Bestimmung ihrer Wärme viel beytragen mag, läßt sich aus den plötzlichen Temperaturveränderungen schließen, die auf Gewitter erfolgen, und sich viel weiter als diese erstrecken: die unmittelbare Folge ist gewöhnlich Abkühlung, die in den oberen Regionen so weit geht, daß die Wasserdünste oder Tropfen in Eis verwandelt werden; daher ist der Hagel ein so häufiger Begleiter von Gewittern. — Endlich gibt es Anomalien in Hinsicht der T. der Atm. und ihrer Veränderungen, wovon wir den Grund in keinem der angeführten Umstände finden, und die uns zu dem Schluße berechtigen, daß dabey uns bisher noch unbekannte Agentien mit ins Spiel kommen.

Unter Klima einer Gegend versteht man heute allgemein die eigenthümliche Beschaffenheit der Atm. daselbst: so hat ein Ort ein warmes, ein anderer ein kaltes; dieser ein trocknes, jener ein feuchtes Klima u. s. w. Sonst verstand man darunter die geographische Lage

eines Ortes, vorzüglich in Hinsicht seiner Entfernung vom Aequator: das heiße oder tropische Klima versetzte man an den Aequator zwischen die zwey Wendekreise, in die heiße Zone; das gemässigte Klima zwischen die Wende- und Polarkreise, in die gemässigte Zone; die Polargegenden endlich machten die kalte Zone, und hier herrschte das kalte Klima. Das wahre Klima eines Ortes stimmt mit seiner geographischen Lage bey weitem nicht überein; indem die daselbst herrschende atm. T. von allen oben angeführten Umständen abhängig ist: so liegt Quito in der heißen Zone, hat aber wegen seiner hohen Lage ein sehr gemäßigtes, ja auf den benachbarten hohen Bergen sogar ein kaltes Klima; in der über 300 Klaft. hoch liegenden brasilianischen Provinz Minas Geraes zerstören im Junius und Julius häufig Nachtfröste die Mais- und Zuckerrohrpflanzungen, und im Jahre 1814 waren im Schatten die stehenden Wässer durch 8 Tage mit fingerdickem Eise belegt: so hat die Seestadt Copenhagen ein viel milderes Klima, als die Binnenstadt Moskau, ungeachtet beyde unter gleicher nördl. Breite liegen, u. dgl. m.

353. In den gemäßigten Erdstrichen ist die Hitze nicht dann am größten, wann die Sonne am höchsten stehet, am längsten Tage beym Anfange des Sommers (bey uns den 21. Junius), sondern erst etwas später, im Julius und August. Eben so wenig ist die Tageshitze gerade zu Mittag um 12 Uhr am heftigsten, sondern Nachmittags um 2 Uhr (nur auf der hohen See gerade zu Mittage). Die während des Winters und der Nacht abgekühlte Erde muß nähmlich erst durchgewärmt werden, und erst nachdem dieses geschehen ist, kann die T. höher steigen. Trifft doch auch die größte Kälte des Winters nicht mit dem kürzesten Tage zusammen, so wie es nicht um Mitternacht am kühlsten ist, sondern in der ersten Morgendämmerung (nach Kämtz 36 Minuten vor Sonnenaufgang), weil die Erde und ihre Atm. die durch die vorhergegangene warme Jahres- oder Tageszeit erhöhte T. nur allmählig verlieren. Es herrschen also in den verschiedenen Stunden eines und desselben Tages sehr verschiedene Temperaturen. Wenn man die T. in jeder der 24 Stunden beobachtet, und die erhaltene Summe von Graden durch die Zahl der Stunden dividirt, so erhält man die mittlere Temperatur des Tages. Die Erfahrung hat gelehrt, daß um eine richtige mittlere Tags-Temperatur zu erhalten, nicht so viele Beobachtungen nothwendig sind; sondern daß dazu zwey hinreichen, wovon eine zur kältesten Tageszeit, beym Aufgange der Sonne, die andere zur wärmsten, um 2 Uhr Nachmittags, gemacht wird: die

halbe Summe (das arithmetische Mittel) der in beyden Beobachtungen erhaltenen Grade gibt die mittlere T. des Tages. Gewöhnlich werden täglich 3 Beobachtungen gemacht, z. B. an der Wiener Sternwarte um 8 Uhr Morgens, um 3 Uhr Nachmittags und um 10 Uhr Abends: die Summe der Grade wird dann mit 3 dividirt, um die mittlere Tags-Temperatur zu erhalten. Nach Humboldt erhält man durch eine einzige Beobachtung beym Sonnenuntergange ein Resultat, welches von der mittl. T. des Tages nur sehr wenig abweicht. Wenn man die Summe der mittl. Temperaturen aller Tage Eines Months durch die Zahl der Monathstage dividirt, so erhält man die mittlere Temperatur des Monaths; durch Division der Summe aller Monaths-Temperaturen eines Jahres mit 12, die mittlere Jahres-Temperatur. Die mittlere T. des Aprils, noch mehr aber jene des Octobers, kommt der mittleren T. des ganzen Jahres so nahe, daß man im Falle der Noth eine der ersteren für die letztere nehmen kann. Die Summe der mittleren Temperaturen mehrerer auf einander folgender Jahre mit der Zahl der Jahre dividirt, gibt die mittlere Temperatur des Beobachtungsortes, die um so richtiger seyn wird, je genauer die einzelnen mittl. Temperaturen bestimmt waren, und aus einer je größeren Zahl mittl. Temperaturen von auf einander folgenden Jahren sie berechnet worden ist (G. G. Hällström über die Bestimmung der mittl. T. der Luft; in Gilb. A. 80, 373.) Grasmann (a.a.O. 419) schlägt sehr sinnreich zur Bestimmung der mittl. T. eine gute Pendeluhr mit einer einfachen Pendelstange aus Zink vor.

Die mittleren Jahres-Temperaturen einer Gegend weichen höchstens um 2 Grade von einander ab: so war z. B. in Wien die mittlere T. des ungewöhnlich heißen Jahres 1811 + 9°,6 R., und des ungewöhnlich kalten Jahres 1812 + 7°,68. Nach Triesnecker's 18jährigen Beobachtungen ist die mittlere T. von Wien + 8°,56 R.

Mittlere T. mehrerer Orte in R. Graden.

Pondichery .	23,°7	Madras . .	21,°5	Macao . .	18,°6
Guayra . .	22,6	Bombay . .	21,6	Owaihi (Sandwich) . .	19,2
Cumana . .	22,2	Senegal . .	21,6		
Trincomale } Ceylon	22	Kandy . .	21	Kairo . .	18
Point de Galle } Ceylon	22	Vera Crux .	20,5	Caraccas .	17
Colombo } Ceylon	22	Manilla . .	20,5	Lima . . .	17
Maranham .	22	Havanna .	20,5	Algier . .	17
Batavia . .	21,5	Rio Janeiro	18,8	Popojan . .	16,5

Buenos Ayres	15,°8	Amsterdam .	9,°5	Berlin . .	6,°75
Jackson i. Neuh.	15,2	Paris . . .	8,8	Göttingen .	6,6
Neapel . . .	14,4	Wien . . .	8,56	Kopenhagen .	6,1
Palermo . .	14	Ofen . . .	8,5	Stockholm .	4,8
Mexico . .	13,5	London . .	8,4	Christiania .	4,7
Graaf Reynet	13,5	Bern . . .	8,49	Quebeck . .	4,4
Quito . . .	13,3	Mannheim .	8,2	Abo . . .	4,2
Santa Fe .	13,2	Genf . . .	7,7	Moscau . .	3,6
Rom . . .	12,6	Dublin . .	7,4	Petersburg .	2,5
Marseille . .	11,5	Warschau . .	7,4	Nord-Cap .	0
Mailand . .	10,6	Straßburg .	7,3	Rain . . .	— 2,5
Pecking . .	10,2	Prag . . .	7,2	Fort Entreprise	— 7,36
Philadelphia .	9,5	Edinburg .	7	Melvillinsel	— 14,8

Die mittl. T. ist zu St. Croix auf Teneriffa nach Humboldt + 15, nach v. Buch + 18° R. — In Quito soll seit dem verheerenden Erdbeben vom Jahre 1797 die mittl. T. nur noch + 12° R. seyn. — Vergleicht man die mittl. T. der angeführten Orte (deren Angaben theils aus Humboldt's Werken, theils aus Schön's Witterungskunde (Würzburg 1811 entlehnt sind) mit ihrer geographischen Breite, so findet man keine Uebereinstimmung, sondern mehrere derselben, die vom Aequator selbst auf derselben Halbkugel gleich weit entfernt liegen, zeigen öfters ganz verschiedene mittl. Temperaturen; und andere von beynahe gleicher mittl. T. liegen unter bedeutend verschiedenen Breitegraden. Zieht man um einen Globus durch die Orte, welche guten Beobachtungen zu Folge eine beynahe gleiche mittl. T. besitzen, eine Linie; so heißt man diese eine isothermische Linie, d. h. eine Linie von gleicher Wärme. Die Linie, welche durch die Orte mit der mittl. T. von + 10° R. geht, heißt die isothermische Linie von + 10°; eine andere, welche nach den Orten mit der mittl. T. + 5° gezeichnet ist, heißt die isothermische Linie von + 5°. Wenn man auf solche Weise (mit Hülfe der sogenannten Interpollations-Methode) die isothermischen Linien von 5 zu 5 Graden der mittl. T. auf der ganzen nördl. Halbkugel gezogen hat: so wird man finden, daß die dem Aequator zunächst liegenden mit diesem fast parallel laufen, daß also hier die Orte, welche unter einerley Breitenparallelkreise liegen, auch eine gleiche mittl. T. haben; daß aber in Breiten über 30° die isothermischen Linien sich schon merklich krümmen, und weder mit dem Aequator, noch unter sich parallel laufen. Der convexe, d. h. gegen den Pol zu sich erhebende Gipfel dieser isothermischen Linien fällt auf den Meridian zwischen Wien und Paris, d. h. die diesem Meridiane nahe liegenden Orte haben in Breiten über 30°, bey gleicher Entfernung vom Aequator, eine höhere mittl. T., als die davon östlich oder westlich entfernt liegenden. Am meisten senken sich die Biegungen dieser Linien

gegen den Aequator herab, östlich an einem durch China, westlich an einem durch die Ostküsten von Nord-Amerika laufenden Meridiane: die diesen zwey Meridianen zunächst gelegenen Orte haben also bey gleicher Entfernung vom Aequator die niedrigste mittlere T. Zwischen den beyden letzteren befindet sich an den Westküsten Amerikas, dem europä'schen gegen über, wahrscheinlich ein zweyter convexer Gipfel. Philadelphia in Nord-Amerika, und Pecking in China liegen beyde dem Aequator etwas näher als Neapel (jenes unter dem 40°, dieses unter dem 41° nördl. B.), und doch übertrifft die mittl. T. von Philadelphia jene von Wien, und die mittl. T von Pecking jene von Amsterdam nur wenig. Am schnellsten wechselt die mittl. T. zwischen dem 40 und 45°.; daher die Mannigfaltigkeit der Erzeugnisse der Länder zwischen diesen Breitegraden, wodurch wieder Handel und Industrie gefördert werden. — Die jeder Gegend zukommende mittl. Wärme kann zwischen die Jahreszeiten sehr verschieden vertheilt seyn; und die Vertheilung wird um so ungleicher, je mehr sich die Entfernung vom Aequator und von dem convexen Gipfel der isothermischen Linien vergrößert. Folgende Tafeln gewähren eine Uebersicht der mittl. Sommer- und Winter-Temperatur auf verschiedenen isothermischen Linien, und zwar die Tafel A für den Meridian zwischen Paris und Wien (für den convexen Gipfel), die Tafel B für den Meridian über dem östlichen Theile von Nord-Amerika (für die größte Concavität).

Isothermische Linie von	A Mittlere Temperatur des Sommers	A Mittlere Temperatur des Winters	Unterschied	B Mittlere Temperatur des Sommers	B Mittlere Temperatur des Winters	Unterschied
16°	+ 22	+ 12	10	+ 22	+ 10	12
12	18,5	5,6	12	21	3	18
8	16	1,6	14,4	18	— 1	19
4	13	— 3	16	15	— 8	23
0	9,6	— 8	18	10	— 14	24

Die folgenden Tafeln geben an, um wie viel Centesimalgrade die mittl. T. abnimmt mit der Entfernung vom Aequator um die voranstehende Zahl Breitengrade: A gilt für die alte, B für die neue Welt; denn diese Abnahme befolgt für jede andere Gesetze, wie dieses schon aus dem erhellet, was oben über die Krümmungen der isothermischen Linien gesagt worden ist.

							A			B	
Von	0	bis	20°	n.	B.	um	2°	C	. .	2°	C
»	20	»	30	»	»	»	4	»	. .	6	»
»	30	»	40	»	»	»	4	»	. .	7	»
»	40	»	50	»	»	»	7	»	. .	9	»
»	50	»	60	»	»	»	5,7	»	. .	7,9	»

Zu Guayra ist die mittl. Sommertemperatur = 23°,2 R., die mittl. Wintertemperatur = + 19° R., höchste T. + 18° R., niedrigste + 17° R. — In St. Fe di Bogota weicht, nach Humboldt, die mittl. T. des Jahres von jener des Januars nur um 0°,2 ab, in Mexico um 3°. In Caraccas zeigt das Thermometer im Winter bey Tage zwischen + 17 und 18°, bey der Nacht zwischen + 13 und 14° R.; im Sommer bey Tage zwischen + 20 und 21°, bey der Nacht zwischen + 18 und 19°. Selten steigt in Caraccas die T. einige Stunden lang auf + 23°,2 R., und fällt im Winter unmittelbar vor Sonnenaufgang selten auf + 9° R.; die mittl. T. des Sommers ist dort + 19°,2 R., des Winters + 15°,2 R. Auf dem nördl. Polarmeere beträgt, nach Skoresby, im Sommer die tägliche Temperaturs-Differenz zwischen Mittag und Mitternacht höchstens 1 bis 2°, im Frühlinge und Winter dagegen über 15° R.; die mittl. jährliche T. auf dem Meere unter dem Nordpole schätzet er — 10° R. (nach Andern — 20° R). Unter dem Aequator ist die mittl. T. in der alten, wie in der neuen Welt, nach Humboldt, + 22°,4 R.; die T. fällt selbst in der Nähe der Wendekreise nie unter + 15° R.: der höchste in Vera Crux beobachtete Thermometerstand war + 28°,6 R. Auf der hohen See soll die T. unter dem Aequator nie über + 22°,2 R. steigen. Nach Mawe soll zu Villa Ricca in Brasilien das Thermometer zur Zeit der größten Sommerhitze (im Januar) nie viel über + 22° R. steigen, und nie unter + 7° R. fallen, im Sommer gewöhnlich zwischen + 14 und 23° R., im Winter zwischen + 7 und 17° R. stehen. Zwischen den Wendekreisen liegen also die Extreme der atm. Temperaturen nicht weit aus einander. Die beständige Gleichheit von Tag und Nacht, dann die Kürze der Dämmerung, durch welche die Wärmestrahlen gewiß eben so wie die Lichtstrahlen gebrochen werden, mögen die Ursache seyn, warum die Hitze zwischen den Wendekreisen nicht viel beträchtlicher als bey uns im Sommer ist. In Lissabon stieg das Thermometer zwischen dem 9. und 14. Julius 1819 auf + 32° R., und fiel im darauf folgenden Januar auf — 2°,2 R. In Philadelphia ist nach Humboldt der Sommer so heiß wie in Neapel, und der Winter so strenge wie in Preußen. Nach 53jährigen Beobachtungen soll im mittleren Deutschland die Kälte nie — 25° R. (am 31. December 1783 und am 31. Januar 1784) überschritten haben. Am 8. Julius 1819 stieg das Thermometer auf dem Wiener Universitäts-Observatorium auf 29°,6 R.; folglich beträgt die Differenz der Temperaturs-Extreme in Deutschland 54°,6. In der Nacht vom 17. zum 18. Februar 1827 war Zeitungsnachrichten zu Folge, die Kälte an verschiedenen Orten von Deutschland, z. B. zu Quicken am Fuße des Pfänderberges bey Lindau — 23° R., zu Neuchatel — 25° R.; während in Wien zur selben Zeit das Thermometer nicht unter — 10°,6 R. fiel. In dem nähmlichen Winter soll

in der Schweiz das Thermometer bis — 30° R. gesunken seyn, da in Wien die Kälte nicht — 13, in Brünn nicht — 19° R. erreichte. Nach einer mündlichen Notiz vom Herrn Prof. Giesecke war die niedrigste von ihm binnen 7 Jahren auf Grönland beobachtete Temperatur — 34° R., die höchste + 25° R., Differenz 59° R. Einer mündlichen Mittheilung des Herrn Staatsrathes Steven zu Folge, war die größte von ihm während eines vierjährigen Aufenthaltes zu Kißlar am Terek-Fluße in der Nähe des Kaspischen Meeres im Winter 1802—1803 beobachtete Kälte — 25° R., und die größte, jährliche, Wochen lang anhaltende Hitze + 35° R.; Differenz 60° R. In Kasan soll die größte Winterkälte — 31°,1 R., und die größte Sommerhitze + 26° R. betragen. In Petersburg fiel das Thermometer (1772) unter — 31° R., und stieg im Jahre 1788 auf + 26°,7 R. Die größte in Paris seit 1682 (am 8. Julius 1793) beobachtete Hitze stieg auf + 30°,7 R. Zu Sidney Town in Neuholland sah man das Thermometer am 10. und 11. Februar 1791 auf + 32° R. steigen. Wir haben also im Sommer heißere Tage als die Bewohner der heißen Zone. In Afrika und im südlichen Europa schneyet es nicht selten an Orten, derer mittl. T. + 15°,9 R. beträgt; wogegen man in Mexico, dessen mittl. T. nur + 13°,6 R. ist, in 100 Jahren nur Ein Mahl Schnee gesehen hat. — Von dieser ungleichen Vertheilung der Wärme in die Jahreszeiten ist es herzuleiten, daß manche Gewächse, die an einem Orte, z. B. in England, wo die Temperaturs-Extreme wegen des See- oder Insel-Klimas nicht so sehr verschieden sind, gut fortkommen, an einem andern von gleicher mittlerer Wärme, z. B. in Oesterreich, nicht gedeihen; weil sie den strengen Winter nicht überstehen können. Dagegen hat England keinen Weinbau, weil der Weinstock zum vollständigen Reifen seiner Früchte eine durch mehrere Monathe anhaltende höhere Sommertemperatur fordert, und bey Schneebedeckung selbst einen strengen Winter gut übersteht. Der Bewohnbarkeit, d. h. dem Gedeihen der ersten und nothwendigsten Lebensbedürfnisse, wie z. B. der Getreidearten, ist eine zu gleichförmige Vertheilung einer niedrigen mittl. T. in die verschiedenen Jahreszeiten weniger entsprechend, als eine mit Extremen in den entgegengesetzten Jahreszeiten. Jede bewohnbare Gegend muß jährlich wenigstens durch zwey Monathe eine mittl. T. von + 13° R. haben; diese T., und diese Dauer derselben ist zum Wachsthume und zum Gedeihen des Getreides nothwendig: viele Gegenden in Lappland, Sibirien u. dgl., die eine mittl. T. von beynahe 0 haben, sind doch noch bewohnt, weil sie zwar sehr strenge Winter, aber in den langen Tagen ihres kurzen Sommers jene nothwendige T. haben; zu Carltonhouse, unter dem 53° n. B., wo Cap. Franklin sein Thermometer nicht gebrauchen konnte, weil das Quecksilber beynahe durch den ganzen Jannar und

Februar gefroren war, gedeihet doch Weitzen und Gerste, die in der Mitte des Aprils gesäet werden, recht gut; dafür sind andere Gegenden von einer etwas höheren mittl. T. nicht bewohnbar, weil sie zwar keine so kalten Winter haben, allein die Sommerwärme auch nicht jenen nothwendigen Grad erreicht. — Die bleibenden Wohnungen der Menschen reichen im Durchschnitte 462 Klafter unter die Gränze des ewigen Schnees. Das höchste Dorf in der Schweiz, St. Jaques de val d'Ayas, liegt 478 Kl., das höchste Dorf in den Pyrenäen, Heas, 514 Klafter, das höchste uns bekannte Dorf im Caucasus, Rees, 459 Klafter, die Meierey (also noch kein Dorf) am Antisana in Süd-Amerika, 362 Kl. unter der Schneegränze. Capitän Webb fand am Himalaya kaum 100 Fuß unter der untersten Gränze der Schnee-Region die bewohnten Dörfer Goh (1968 Kl. über der Meeresfläche), Murtoolee, Milum und Mazan. Ueber den Einfluß der mannigfaltigen Modificationen des Klima (besonders in Hinsicht der Wärme) auf das thierische und auf das Pflanzenleben, haben v. Humboldt und v. Buch in den Beschreibungen ihrer Reisen, und Wahlenberg in seiner Flora lapponica interessante Erfahrungs-Resultate geliefert: Auszüge davon findet man in Gilb. A.

Sehr tiefe Keller behalten stets die mittl. Temperatur der Atm. an der Erdoberfläche über ihnen: so stimmet z. B. die T., welche die sehr guten Keller unter der Sternwarte in Paris das ganze Jahr fast unverändert beybehalten, mit der mittl. T. von Paris überein. Humboldt hat ähnliche Resultate in den Höhlen, Bergwerksstollen und Schachten der Andes erhalten, aber auch gefunden, daß öfters Nebenumstände, besonders in der Nähe vorgehende chemische Prozesse, darauf einen großen Einfluß haben; daher sind manche Stollen, z. B. jene zu Idria, beträchtlich warm. Die besten Keller müssen also unter dem Aequator eine T. von + 22°,4 R., in Wien + 8°,56 R., und in Petersburg von + 2°,5 R. das ganze Jahr hindurch haben. — Die perennirenden Quellen sollen die mittl. T. der Gegend besitzen, wo sie zu Tage kommen. Nach Humboldt's, in dem heißen Erdstriche von Amerika angestellten Beobachtungen ist die T. der Quellen um 4 bis 5° niedriger, als jene der Luft an dem Orte ihres Ursprungs, und stimmet wahrscheinlich mit der mittl. T. jener Höhen überein, auf welche das Wasser, wodurch sie gespeiset werden, als Regen gefallen ist. Auch die Quellen in der Gegend von Rom bleiben um 4° hinter Roms mittl. T. zurück. Dagegen zeigte das Wasser eines zu Southwark (einer Vorstadt Londons) gegrabenen Brunnens, welches erst in einer Tiefe von 140 F. hervorzuquellen anfing, eine T. von + 10° R., und behielt dieselbe bis jetzt beständig. Nach Wahlenberg's Beobachtungen in Lappland übersteigt die T. der Quellen die mittlere atmosphärische T. der Gegend ihres Ursprungs um so viel, als in den nördlichen Län-

dern oder Polargegenden überhaupt die mittl. T. des Bodens jene der Luft übertrifft; weil nähmlich die Quellentemperatur, und die mittl. T. des Bodens in einiger Tiefe unter der Oberfläche von der mittl. T. des atmosphärischen Wassers abhängt, welches dort in die Erde dringt, in den Polargegenden aber während des Winters kein tropfb. Wasser aus der Atm. fällt, oder doch wenigstens in den gefrornen Boden eindringen, und überhaupt kälter als 0 R. seyn kann. Dieser Umstand mag auch mit beytragen, daß die Quellentemperatur in den Aequatorialgegenden tiefer als die mittl. T. der Gegend ist; weil es dort nähmlich während der heißen Jahreszeit nur höchst selten regnet, und die Gewitter mit Platzregen in derselben meistens von einem großen Temperatursinken begleitet sind, wie vorzüglich der Hagel beweiset. Der letzte Fall fängt sich schon im südlichen Europa zu zeigen an; da hingegen in Mittel-Europa die Quellentemperatur mit der mittl. T. der Atmosphäre zusammenfällt. Auch die Oberfläche des ruhigen Meeres soll nach Perron eine höhere mittl. T. besitzen, als die darauf ruhende Luftschichte. — Warme Quellen verdanken ihre höhere T. unterirdischen chemischen Prozessen, wie ihre Nebenbestandtheile, z. B. Schwefelwasserstoffgas, kohlensaures Gas u. dgl. meistens beweisen.

Die Beobachtungen der T. der Atm. fordern, nebst guten Thermometern, noch viele andere Berücksichtigungen. Das Thermometer muß im Schatten hängen: fallen die Sonnenstrahlen unmittelbar darauf, so zeigt es nicht die T. der Luft, sondern jene Wärme an, welche das Thermometer aus den strahlenden in den geleiteten Zustand versetzen kann, und welche von der Größe, von der Durchsichtigkeit, Farbe und Dicke des Glases u. a. m. abhängt. Der Pfarrer Sommer in Königsberg sah an mehreren Tagen des Jahres 1811 zwischen 12 und 1 Uhr das Thermometer in der Sonne auf + 50° R.; mit der Kugel 6 Zoll tief in die Erde eines Blumentopfs gesteckt, auf + 38° R., und eben so tief in die Erde des Gartens versenkt, auf + 36° R. steigen, während es im Schatten auf + 20° R. stand. Wasser wurde nur langsam erwärmt, und erreichte nicht ganz + 40° R. Das Thermometer darf auch nicht in dem von einem nahe gegen über stehenden Gegenstande, z. B. einer Mauer, einem Dache, von Pflaster u. dgl. reflectirten Sonnenlichte hängen; es darf große Massen anderer Körper, vorzüglich feuchte Mauern u. dgl. nicht berühren; sondern es soll, vor Regen, Schnee, Thau u. dgl. geschützt, gegen Norden im Schatten frey in der Luft hängen, dem natürlichen Luftzuge von unten nach oben ganz bloß gestellt seyn, und von allen Einflüssen, welche eine bloß locale Erwärmung oder Abkühlung verursachen, von directen Sonnenstrahlen auf den umgebenden Kasten u. dgl. m. entfernt gehalten werden. Die Beobachtungen müssen regelmäßig zu den bestimmten Stunden geschehen (Hällstrom in Gilb. A. 80, 373. — Kämtz über die Bestimmung der mittl. Tagestemperatur in Schweigg. J. 48, 41).

354. Von der elektrischen Beschaffenheit der Atm. ist schon in dem Abschnitte von der Elektricität gehandelt worden. Einige Naturforscher (wie z. B Hube) denken sich die Wirksamkeit der E. in der Atm. sehr umfassend, und finden darin den letzten Grund der meisten Meteore. Trockne atm. Luft ist ein Nichtleiter. — In Hinsicht der Magneticität will der Aeronaute Sacharow die Beobachtung gemacht haben, daß in einer gewissen Höhe auf der nördlichen Halbkugel der Erde die Magnetnadel nicht mit ihrem Nord- sondern mit ihrem Südpole inclinire.

355. Wir riechen und schmecken die atm. Luft nicht, können aber dessen ungeachtet nicht entscheiden, ob sie wirklich geschmack- und geruchlos sey, oder ob wir aus langer Gewohnheit den Reitz nicht wahrnehmen, den sie auf die Geruchs- und Geschmacksorgane ausübet: Geruch der Luft in Kleidern, Pelzen, Haaren, im Brote u. dgl., wenn sie lange Zeit der freyen Atm. ausgesetzt waren (§. 109). Die reitzende Wirkung der Luft bemerkt man bey Wunden; so wie man auch aus dem Weinen der Neugebornen beym ersten Einathmen darauf schließet. Vielleicht wirkt aber in diesen Fällen die Luft bloß durch ihren Temperaturs-Unterschied reitzend.

Physisch-mechanische Eigenschaften der Atmosphäre.

356. Zu den physisch-mechanischen Eigenschaften der Atm. zählt man ihre Elasticität und ihre Schwere oder vielmehr ihr Gewicht.

Elasticität der atmosphärischen Luft.

357. Die atm. Luft (deren sp. Gewicht bey 0 R. und bey einem Barometerstande von 28,76 W. Zoll 0,0012989 beträgt) besitzet denselben Grad von Elasticität, den wir (§. 86) als eine Eigenthümlichkeit der Lüfte kennen gelernt haben: man hat sie zwar noch nicht weiter als auf die doppelte Dichtigkeit des Wassers zusammen gepreßt (nach Hale's Berechnung aus den sehr zweifelhaften Daten eines Versuches); allein es ist außer Zweifel, daß sie sich noch mehr verdichten ließe, wenn man sie mit einer noch größeren Kraft zusammen drücken könnte; weßwegen auch Benj. Franklin die Luft den dichtesten Körper nennt. Eben so verhält es sich mit ihrer Ausdehnbarkeit bey Verminderung des Druckes: man mag aus einem Recipienten die Luft bis auf die geringste Kleinigkeit auspumpen, so

wird diese doch den Raum des Recipienten noch ganz erfüllen. Wenn die Verdünnung der Luft bey fernerer Vervollkommnung der Luftpumpen noch weiter getrieben werden wird, so ist doch kaum zu zweifeln, daß sie auch dann noch den ganzen Recipienten ausfüllen wird. Die atm. L. kann noch so lange Zeit in dem zusammen gepreßtesten Zustande aufbewahret werden, ohne von ihrer Elasticität das Geringste zu verlieren; eben so wenig, als verdünnte Luft von der Fähigkeit, sich zusammendrücken zu lassen, etwas einbüßt. — Daß durch Erhöhung der T. die atm. Luft ausgedehnt, und bey gehinderter Ausdehnung ihre Elasticität vermehrt wird, wie auch daß sie in Hinsicht des Grades ihrer Ausdehnbarkeit durch Wärme mit allen übrigen Gasarten übereinkommt, ist bereits (§. 290) erwähnt worden. Die atm. L. gehöret übrigens, wenigstens in Hinsicht ihrer Hauptbestandtheile, zu den permanent elastischen Flüssigkeiten oder zu den Lüften, indem sie nicht nur durch keinen Druck, sondern auch durch keinen bekannten Grad von Kälte ihre Form verändert.

Die Elasticität der Luft, die sich in einer großen Menge von Naturerscheinungen äußert, kann auch durch viele Versuche erwiesen werden. Eine mit Luft gefüllte Blase nimmt Eindrücke vom Finger an, stellt ihre alte Form aber gleich wieder her, sobald der Druck nachläßt. Wenn man bey einer guten Spritze die Oeffnung verschließt, und dann den Stämpel hinabdrückt, so wird der Widerstand immer größer, und endlich so groß werden, daß man den Stämpel nicht weiter bringen kann: die Luft zwischen dem Stämpel und dem Boden der Spritze läßt sich also wohl bis auf einen gewissen Grad zusammendrücken, allein ihr Bestreben sich auszudehnen nimmt mit dem Grade des Druckes zu, und hält endlich der äußeren zusammendrückenden Kraft das Gleichgewicht; höret diese zu wirken auf, so wird der Stämpel wieder in die Höhe getrieben, und dadurch gezeigt, daß die Luft nach Aufhebung des Druckes ihr voriges Volumen wieder einnimmt. Die Windbüchsen sind Beweise, wie sehr sich die atm. L. zusammenpressen läßt, wie lange sie in diesem Zustande ihre Elasticität ganz unverändert behält, und mit welcher Gewalt sie sich wieder ausdehnt, wenn eine Portion dieser zusammengepreßten Luft schnell in Freyheit gesetzt wird. — Die Compressions-Maschine, wodurch die Windbüchsenflaschen gepumpt werden, hat folgende Einrichtung. In der Röhre AB (Fig. 145), welche mit dem Ende A an die mit einem sich nur nach einwärts öffnenden Ventile versehene Mündung der Flasche F angeschraubt wird, bewegt sich luftdicht der Stämpel c. Die Röhre hat oben nahe bey B eine Oeffnung x. Wird der Stämpel über dieses Loch aufgezogen, so dringt durch dasselbe von Außen in die Röhre Luft, welche zusammen

gepreßt wird, wenn der Stämpel sich unter die genannte Oeffnung abwärts bewegt. Da sie keinen andern Ausweg hat, drückt sie das Ventil der Flasche auf, und wenn der Stämpel das Ende A erreicht, hat er die ganze in dem Rohre von der Oeffnung x oben bis A enthaltene Luft in die Flasche gedrängt. Zieht man den Stämpel wieder in die Höhe, so will wohl die Luft aus der Flasche nach, versperrt sich aber durch Zudrücken des Ventils selbst den Weg. Dieses Verfahren wiederhohlt man so lange, als die Flasche es aushält, und als man noch Kraft genug hat, durch das Hinabdrücken das immer fester schließende Ventil zu öffnen. Befindet sich in der Flasche, um das Ventil geschmeidig zu erhalten, statt Wassers etwas Oehl: so entzündet es sich beym Pumpen eben so wie der Schwamm im pneumatischen Feuerzeuge (§. 327), zersprengt die Flasche, und setzt den Arbeiter in Lebensgefahr. — Die ausgezeichnete Fähigkeit der Luft, Schall zu erregen, wie dieses bey Explosionen und in allen Blas-Instrumenten der Fall ist, und dem auf alle andere Arten erregten Schalle zum Leiter zu dienen, ist ebenfalls nur eine Folge ihrer Elasticität.

Die Einrichtung der Heronsbälle und Heronsbrunnen gründet sich bloß auf die entweder durch Druck oder durch Wärme gesteigerte Elasticität der Luft. Der Heronsball (Fig. 146) besteht aus einer kupfernen Kugel AEBF, in welcher die fast bis auf den Boden reichende, oben in eine fein durchbohrte Spitze C auslaufende, mit dem Hahne x versehene Röhre CD luftdicht eingekittet ist. Die Kugel wird bis EF mit Wasser gefüllt, dann wird durch eine Compressions-Maschine Luft hineingepumpt, und dadurch die Luft über ef verdichtet: die zusammengepreßte Luft drückt auf das Wasser EF; dieses kann nur durch die Röhre CD in die Höhe steigen; es springt also, wenn der Hahn x geöffnet wird, hoch heraus und bildet einen kleinen Springbrunnen. — Der Heronsbrunnen (Fig. 147) bestehet aus den zwey Gefäßen abcd und efgh, wovon das obere, etwas kleinere, eine schüsselförmige Vertiefung aiob hat. Diese zwey über einander gestellten Gefäße sind durch die Röhren op und mn mit einander verbunden. Die Röhre op öffnet sich mit dem einen Ende in die Schüssel oiab, und reicht mit dem andern bis nach p, fast an den Boden des unteren Gefäßes. Die zweyte Röhre reicht von n der oberen Wand des unteren Gefäßes bis nach m, nahe am Boden der Schüssel im oberen Behältnisse, in welchem auch die bis nahe an seinen Boden reichende Röhre KL luftdicht befestigt ist. Das obere Gefäß wird durch die Oeffnung i bis etwas unter m mit Wasser gefüllt; dann die Oeffnung i wieder gut verschlossen, und in die Schüssel aiob Wasser gegossen: dieses läuft durch die Röhre op in das untere Gefäß, verdrängt hier die Luft, die, weil sie keinen andern Ausweg findet, durch die Röhre nm in das obere Gefäß steigt, dort die über m befindliche

Luft verdichtet, dadurch den Druck auf das Wasser so vermehrt, daß dieses durch die Röhre LK herausspringen muß. Das herausgesprungene Wasser fällt wieder auf die Schüssel, fließt von da bis in das untere Gefäß, und unterhält das Spiel dieses Brunnens so lange, als Wasser in dem oberen Gefäße ist. Der Erfolg ist der nähmliche, wenn die Elasticität der Luft über dem Wasser im Heronsballe und Brunnen, statt durch Compression, durch Wärme vermehrt wird. — Von denselben Principien, welche diesen physikalischen Spielereyen zum Grunde liegen, lassen sich auch sehr nützliche Anwendungen machen; wohin z. B. die zu Schemnitz von J. K. Hell im Jahre 1753 erfundene Wasserheb-Maschine (Luftsäulen-Maschine), zur Entfernung des Wassers aus tiefen Gruben bey Bergwerken gehört (S. Poda Beschreibung der zu Schemnitz in Nieder-Ungern errichteten Maschine: herausgegeben durch v. Born). Diese Maschine ist von Reichenbach, vorzüglich sinnreich aber von Prof. Schitko in Schemnitz verbessert worden. Der Nutzen der Windkessel in den großen Feuerspritzen gründet sich bloß auf die durch Compression vermehrte Elasticität der Luft. In der Feuerspritze (Fig. 148) ist C der Windkessel, d. h. ein kupfernes, oben gewölbtes, leeres (bloß mit Luft gefülltes) Behältniß. Durch das Spiel der beyden Kolben a und b wird das Wasser durch die Oeffnungen m und n zuerst in diesen Windkessel gepumpt. Durch das eingetretene Wasser wird die Luft in das obere Gewölbe des Windkessels zusammengepreßt, und diese drückt das Wasser wieder durch das Gußrohr g heraus. Beym Wechseln der beyden Kolben, d. h. wenn der bisher abwärts wirkende aufwärts zu wirken, und der eben so lange aufwärts drückende abwärts zu drücken anfängt, hat immer eine kleine Pause Statt, während welcher Spritzen ohne Windkessel aussetzen, und der herausgetriebene Wasserstrahl unterbrochen wird: der auch zu dieser Zeit fortwirkende Druck der verdichteten Luft im Windkessel macht aber, daß damit versehene Feuerspritzen in Einem fort, mit gleicher Stärke spritzen. Auch bey der Einrichtung der Taucherglocke, welche seit ihrer ersten Bekanntwerdung im J. 1538 zu mancherley wissenschaftlichen und nutzbringenden Zwecken angewendet worden ist, hat man auf die Impenetrabilität und Elasticität der Luft gerechnet.

358. Mariotte stellte den Versuch über die Zusammendrückbarkeit der atm. L. auf eine Art an, daß dadurch zugleich das Verhältniß gefunden wurde, in welchem die jedesmahlige Ausdehnung oder die Dichtigkeit einer bestimmten Menge Luft mit dem zusammendrückenden Gewichte stehet. Er bediente sich dazu einer Glasröhre, welche wie die Röhre abcd (Fig. 149) gebogen war: der kürzere, nur 12 Zoll hohe Schenkel war oben in d zugeschmolzen, der län-

gere Schenkel ab, von 96 Zoll Höhe, war oben offen. Er goß Anfangs so viel Quecksilber durch den längeren Schenkel in die Verbindungsröhre b c, daß diese ganz damit ausgefüllt, und dadurch der Luft in dem kürzeren Schenkel die Communication mit der äußeren Atm. abgeschnitten war; dann füllte er so viel Quecksilber zu, daß es in dem längeren Schenkel 18 Zoll hoch stand; worauf das Quecksilber in dem kürzeren Schenkel um 4 Zoll stieg, die Luft darin folglich auf einen Raum von 8 Zoll zusammengedrückt wurde. Vermehrte er die Höhe des Quecksilbers in dem längeren Schenkel bis auf 34 Zoll, so sah er es in dem kürzeren auf 6 Zoll steigen, und für die Luft darin also nur einen Raum von 6 Zoll übrig bleiben. Erreichte das Quecksilber in dem längeren Schenkel eine Höhe von 93 Zoll, so stieg es in dem kürzeren bis auf 9 Zoll, und die Luft darin war folglich auf einen Raum von 3 Zoll reducirt. Zur Zeit als dieser Versuch angestellt wurde, stand das Barometer 28 Zoll hoch; folglich war (wie gleich ausführlicher gezeigt werden wird) die Luftschichte an der Oberfläche der Erde, und daher auch die in dem kürzeren Schenkel abgesperrte Luft, ehe noch Quecksilber in den längeren Schenkel gegossen wurde, durch ein Gewicht zusammengedrückt, welches einer Quecksilbersäule von demselben Durchmesser, und 28 Zoll Höhe, gleich kommt. Durch die erste Portion des in den längeren Schenkel zugegossenen Quecksilbers wurde dieser Druck um 14 Zoll vermehrt (denn von den 18 Zoll der Quecksilberhöhe im längeren Schenkel sind jene 4 abzuziehen, um welche das Quecksilber in dem kürzeren Schenkel in die Höhe stieg, und welche dann 4 Zoll Quecksilber im längeren Schenkel das Gleichgewicht hielten, folglich ihren Druck gegen die Luft aufhoben); es wurde also jetzt die Luft durch das Gewicht von $28 + 14 = 42$ Zoll Quecksilber zusammengedrückt. Als die zweyte Portion Quecksilber zugegossen war, betrug der Druck $28 + 34 - 6$, also 56 Zoll Quecksilber; und durch die letzte Portion Quecksilber wurde er auf $28 + 93 - 9 = 112$ Zoll vermehrt. Der Druck verhält sich also in den 4 Perioden des Versuches wie 28, 42, 56, 112, oder wie 1, 1½, 2, 4, und das Volumen der Luft wie 12, 8, 6, 3, oder 4, 3, 2, 1; und ihre Dichtigkeit umgekehrt wie ihr Volumen, also wie 1, 1½, 2, 4; d. h. gerade so wie die Gewichte, wodurch die Luft zusammengedrückt wird. Es stehen also die Räume, welche die Luft einnimmt, mit den zusammendrückenden Gewichten im umgekehrten Verhält-

nisse: der Druck von 112 Zoll Quecksilber ist 4 Mahl so groß als von 28 Zoll, daher nimmt die Luft unter jenem Drucke einen 4 Mahl kleineren Raum (3 Zoll), als unter diesem (12 Zoll) ein. — Da ferner die Dichtigkeit eines Körpers sich verkehrt wie der erfüllte Raum verhält; so muß die Dichtigkeit der Luft mit der zusammendrückenden Kraft im geraden Verhältnisse zunehmen, d. h. sie wird unter einem Drucke von 112 Zoll Quecksilber 4 Mahl größer als unter einem Drucke von 28 Quecksilberzollen seyn. Da endlich die Elasticität der Luft mit der zusammendrückenden Kraft im geraden Verhältnisse stehen muß, so stehet sie auch im geraden Verhältnisse mit ihrer Dichtigkeit. — Fasset man die Resultate dieses Versuches zusammen, so spricht man das oben (§. 88) schon berührte Mariotte'sche Gesetz mit folgenden Worten aus: Die Dichtigkeit und Elasticität der Luft verhalten sich gerade wie die darauf drückenden Kräfte.

Gewicht der atmosphärischen Luft.

359. Die Atm. wird eben so, wie alle übrigen sperrbaren Stoffe von der Erde angezogen, ist also schwer; oder so dünn sie auch seyn mag, muß doch eine beträchtlichere Ausdehnung derselben ein bemerkbares Gewicht haben; oder die Atm. muß auf alle Gegenstände, die ihrer freyen Bewegung gegen den Mittelpunct der Erde entgegen stehen, drücken. Daß wir diesen Druck nicht fühlen, kommt nebst dem, daß wir von Kindheit auf daran gewöhnt sind, daher, weil er unter den gewöhnlichen Umständen, wegen der ungemeinen Flüssigkeit und Elasticität der Luft ganz gleichförmig über die ganze Oberfläche unseres Körpers vertheilt ist, und weil ihm die in den Gefäßen des Körpers eingeschlossene Luft das Gleichgewicht hält: fühlt doch ein Taucher, derselben Ursache wegen, viele Klaftern tief in der See das größere Gewicht des auf ihm lastenden Wassers nicht. Der Druck der Atm. wird aber sehr merklich, wenn er auf einen Theil des Körpers aufgehoben wird, während er auf die andern fortdauert:, schließt man eine Röhre, die auf dem Teller der Luftpumpe stehet, oben mit der flachen Hand, und pumpt die Luft aus der Röhre; so wird die Hand wie von einem großen Gewichte in die Röhre hineingedrückt; weil der Druck der Atm. auf den in die Röhre gerichteten Handteller aufgehoben ist, während er auf den Rücken der Hand noch fortdauert. Ein Blatt Papier, sey es auch noch so

dünn, wird in ruhiger Luft durch das Gewicht derselben nicht im geringsten umgebogen, weil es von allen Seiten gleich gedrückt wird; schließt man aber mit demselben die eben genannte Röhre, so wird es bey den ersten Kolbenzügen hineingedrückt und zerrissen werden; dasselbe wird auch einer Blase, einer Glasscheibe, und noch viel festeren Substanzen widerfahren. Eine Glocke, die man auf den Teller der Luftpumpe stellt, kann man, bevor die Luft in derselben verdünnt wird, ohne Beschwerde wegnehmen und fortbewegen; ist aber die Luft darin bis auf einen gewissen Grad verdünnet, so bringt man sie mit aller Gewalt nicht vom Teller los; weil man nun einen großen Theil des auf ihr ruhenden Luftgewichtes mittragen müßte: eben so kann man eine mit Quecksilber gefüllte Glocke in Quecksilber ganz untergetaucht, sehr leicht aufheben, niederdrücken und nach allen Richtungen bewegen; will man sie aber über das Quecksilber herausheben, so dürfte für eine etwas geräumige Glocke die Kraft Eines Menschen leicht nicht hinreichend seyn; eine Beobachtung, welche man bey Versuchen mit Gasarten, wozu man sich des pneumatischen Quecksilber-Apparats bedienen muß, oft erneuert.

360. Weil die Luft, als ein äußerst elastischer Körper, gleichförmig nach allen Richtungen, also eben so gut von oben nach unten, als von unten nach oben drückt, so kann das Wasser nicht durch die untere Oeffnung einer etwas engen Glasröhre herauslaufen, die, nachdem sie sich in Wasser untergetaucht gefüllt hat, und nachdem die obere Oeffnung mittelst des Fingers verschlossen worden ist, senkrecht aus dem Wasser gezogen wird: der Druck der Atm. von oben ist durch den verschließenden Finger aufgehoben; die Luft drückt also bloß von unten und läßt das Wasser nicht aus der Röhre fließen. Schüttelt man die Röhre, so dringt an den Seitenwänden Luft ein, und das Wasser fließt aus. Statt des Wassers kann man sich auch des Quecksilbers bey diesem Versuche bedienen, und ihn auch dahin abändern, daß man die Glasröhre nur mit dem unteren Ende in Wasser oder Quecksilber steckt, dann mittelst Saugen oder Pumpen die Luft durch die obere Oeffnung aus der Röhre schafft, wobey man die Flüssigkeit in der Röhre in dem Verhältnisse über die Libelle in die Höhe steigen sieht, als die Luft in derselben verdünnt wird: in der Röhre wird nähmlich hier der obere Druck der Atm. auf die Flüssigkeit vermindert, während dieselbe auf die Flüssigkeit außer der Röhre noch mit ihrem ganzen Gewichte drückt, und sie dadurch in der Röhre in die Höhe treibt.

Wenn man eine nicht zu lange, gläserne, an dem einen Ende zugeschmolzene Röhre auf die gewöhnliche Art mit irgend einer Flüssigkeit füllt, die Oeffnung mit dem Finger verschließt, die Röhre umkehrt, und den Finger von der nun senkrecht gegen unten gekehrten Oeffnung wegnimmt, so rinnt die Flüssigkeit nicht aus. Mit weiteren Röhren oder Gefäßen, z. B. mit Trinkgläsern, läßt sich dieser Versuch nicht ohne Schwierigkeit anstellen, weil während des Umkehrens das Schwanken der Flüssigkeit, und das dadurch veranlaßte Eindringen der Luft schwer vermieden werden kann; beseitigt man diesen ungünstigen Umstand, z. B. dadurch, daß man auf das volle Trinkglas ein Blatt Papier drückt, so gelingt der Versuch auch in diesem Falle.

361. Die Höhen, bis auf welche Flüssigkeiten durch den Druck der Atm. in luftleeren Röhren getrieben, oder auf welchen sie dadurch erhalten werden, sind nicht unbegränzt, sondern für jede besondere Flüssigkeit sehr bestimmt: Wasser erreicht dadurch eine Höhe von 384 Zoll (32 Fuß), Quecksilber dagegen nur eine von 28 Zoll. Die Höhe stehet mit dem sp. Gewichte der Flüssigkeiten im umgekehrten Verhältnisse: bey leichteren ist sie beträchtlicher als bey schwereren; so daß, wenn nur die Höhe Einer Flüssigkeit, z. B. des Wassers, bekannt ist, das Steigen jeder andern von bekanntem sp. Gewichte mit Zuverlässigkeit im Voraus berechnet werden kann. So wird z. B. das Quecksilber, welches 13,59 Mahl schwerer als Wasser ist, eben so vielmahl niedriger, also auf $\frac{384}{13,59} = 28$ Zoll stehen. — Da der mittlere Druck der Atm. einer Quecksilbersäule von 28,409 W. Zoll Höhe das Gleichgewicht hält, so muß man annehmen, eine Säule der Atm. wiege so viel, als eine Quecksilbersäule von demselben Durchmesser, und von 28,409 Z. Höhe. Eine Quecksilbersäule von der genannten Höhe und 1 Quadrat-Zoll Grundfläche (= 28,409 Kubik-Zoll) wiegt 12,6 Pfund; folglich drückt die Atm. auf jeden Quadrat-Zoll Oberfläche mit 12,6 W. Pfund, und auf jeden Quadrat-Fuß mit 1815 W. Pfund.

Bey diesen Rechnungen ist das Gewicht eines Kubik-Zolles eiskalten Wassers zu 250,671 Gran, und das sp. Gewicht des eiskalten Quecksilbers (nach Biot und Arago) = 13,599 : 1,000, folglich das absol. G. 1 K. Z. Queckſ. = 14,2 Loth, angenommen. Der Körper eines erwachsenen Menschen von mittlerer Größe biethet dem Drucke der Luft beyläufig 14 Fuß Oberfläche dar: folglich trägt ein solcher Mensch 14 × 1815 = 25410 Pfund Luft; beym Fallen oder Steigen des Barometers um Einen Zoll wird diese Last um mehr als 900 Pf. vermindert oder vermehrt, ohne daß der gesunde Träger aus der oben (§. 359) angegebenen Ur-

sache etwas davon empfindet; eben so wenig als Fische in der Tiefe von 3060 Fuß unter der Oberfläche des Wassers von der noch größeren über ihnen stehenden Masse des letzteren belästigt werden. Nur kränkliche Menschen empfinden schnelle Aenderungen im Barometerstande unangenehm. Ein gewisser, gewohnter Luftdruck ist zu dem behaglichen Wohlseyn der Menschen und Thiere nothwendig, und zwar vorzüglich wegen der Verdichtung der äußeren, sie umgebenden Luft; denn damit das mit dem Lebens-Prozesse so innig verbundene Respirations-Geschäft gehörig vor sich gehe, muß der Lungenraum bey jedem Athemzuge mit einer gewissen Gewichtsmenge atm. L. gefüllt werden: wird sehr verdünnte Luft eingeathmet, so werden die Lungen wohl von demselbem Raume Luft angeschwellet, allein dieser enthält nicht die erforderliche Masse. Die lästige Müdigkeit, die man beym Besteigen hoher Berge in einer Höhe von 1540 Kl. (1500 Toisen) über der Meeresfläche zu empfinden anfängt, und die nach jedesmahliger Zurücklegung von wenigen hundert Schritten zum Ausruhen nöthigt, aber eben so schnell durch eine nur Minutenlange Ruhe wieder gehoben ist, scheint daher zu kommen. Wegen des verminderten Luftdruckes auf die Oberfläche des Körpers entstehen Suggillationen, Blutflüsse u. dgl. Manche Thiere müssen zwar in sehr verdünnter Luft leben und sich darin noch lebhaft bewegen können; denn Humboldt sah einen Condur sich von dem Chimborazo noch so hoch erheben, daß er dem Auge entschwand: dessen ungeachtet sterben in äußerst verdünnter Luft unter der Glocke der Luftpumpe alle Thiere, selbst Insecten. Haley empfand in der Taucherglocke in drey Mahl verdichteter Luft keine Unbequemlichkeit. So wie das Leben in verdünnter Luft nur kümmerlich bestehen kann; eben so geht aus gleicher Ursache das Verbrennen darin nur schwierig von Statten; in sehr verdünnter Luft löschen alle brennenden Substanzen aus: Schwierigkeit auf hohen Bergen Feuer zu unterhalten (§. 337). Stahl in der ausgepumpten Glocke an Feuerstein geschlagen, gibt keine sprühenden, zündenden Funken; von dem Einfluße der Luftverdichtuug, folglich auch des atmosphärischen Luftdruckes auf Licht-, Wärme- und Elektricitäts-Leitung, auf Krystall- und Dampfbildung, auf den Aggregat-Zustand der Körper überhaupt, dann auf die chemischen Verbindungen, war schon bey andern Gelegenheiten die Rede. — Auf den Luftdruck gründet sich auch der Versuch mit den Magdeburg'schen Halbkugeln, den Otto Guericke (der Erfinder der Luftpumpe) im J. 1654 vor dem Kaiser Ferdinand III. auf dem Reichstage zu Regensburg anstellte. Er ließ zwey metallene Halbkugeln von 1,78 W. Fuß Durchmesser an einander schleifen. Die eine davon hatte eine mit einem Hahne zu schließende Oeffnung, durch die er mittelst seiner Luftpumpe die Luft auszog, und die er dann verschloß. Nun ließ er 16 Pferde anspannen, und antrei-

ben, ohne daß sie im Stande waren die Halbkugeln aus einander zu reißen. Nach dem Vorigen läßt sich berechnen, daß der Druck der Luft auf die Oberfläche dieser Halbkugeln von nicht ganz 10 Q. Fuß über 18000 Pf. betrug. — Das absolute Gewicht der ganzen Atm. ist dem einer hohlen Quecksilberkugel gleich, deren Höhlung einen gleichen Durchmesser mit der Erde hat, und welche 28 Zoll Quecksilberdicke besitzet: durch Rechnung findet man das mittlere absolute Gewicht der Atm. beyläufig 96481 Billionen Wiener Zentner. Ein Wiener K. Fuß ganz trockner, eiskalter atm. Luft wiegt bey mittlerem Barometerstande an der Meeresfläche unter dem 48° n. Br. 564 Wiener Gran. Von mittelfeuchter Luft wiegt unter den angegebenen Bedingungen der Wiener Kubik-Fuß 563,25 Gran. — Von dem Gewichte oder dem Drucke der Luft in Verbindung mit ihrer Elasticität, worauf die ganze Einrichtung der Luftpumpe berechnet ist, hängen eine große Menge Erscheinungen ab. Das Einathmen wird nur durch diese zwey Eigenschaften der Luft möglich: durch die Bewegung der Muskeln wird die Brusthöhle erweitert, und die äußere Luft strömt in die Lungen, um den dadurch entstandenen leeren Raum wieder auszufüllen. Das Athemhohlen hat viele Aehnlichkeit mit den Bewegungen eines Blasebalgs, an dessen Statt es manchmahl zum Anfachen des Feuers u. dgl. gebraucht wird. In den Blasebälgen der Orgeln wird die Luft gewöhnlich nur auf 3 — 5 Zoll, in jenen der Schmiedeessen auf 9 bis 12 Zoll, in jenen der Hochöfen aber auf 4 bis 6 Fuß Wasserhöhe verdichtet. Das Aufziehen einer Flüssigkeit durch den so genannten Stechheber geschieht durch das Verdünnen der Luft im Heber mittelst des Einathmens, worauf sie durch ihre Elasticität der äußeren Luft nicht mehr das Gleichgewicht hält, diese folglich die Flüssigkeit in die Höhe drückt. Das Saugen, Schlürfen, Trinken, Tabakrauchen geschieht gerade auf dieselbe Weise. Die Wirkung der Schröpfköpfe, in denen die vorher durch Wärme verdünnte Luft bey dem Erkalten sich zusammenzieht und nun einen kleineren Raum einnimmt, hat dieselbe Ursache. Auf dieselbe Art geschieht das Ueberziehen von Flüssigkeiten im abkühlenden Woulfe'schen Apparate durch die Verbindungsröhren aus einer Flasche in die andere, wenn in der einen durch Wärme die Luft fortgetrieben oder die vorhandene Gasart absorbirt worden ist; dasselbe geschieht, wenn eine Retorte mit ihrer Mündung in Wasser getaucht ist, wie z. B. bey der Quecksilber-Destillation, zu Ende der Operation beym Erkalten des Apparates häufig: daraus läßt sich die nützliche Anwendung der Sicherheitsröhren und der Welter'schen Verbindungsröhren erklären. Will man ein Gefäß mit sehr enger Oeffnung, z. B. ein Thermometer-Rohr, füllen, so verjagt man daraus die Luft durch Erhitzen, taucht dann die Mündung ins Quecksilber, welches beym Erkalten der Röhre und beym Zu-

sammenziehen der noch darin befindlichen Luft von der Atm. hineingedrückt wird; ist bereits etwas Flüssigkeit in der Röhre, so bringt man diese zum Sieden, und wiederhohlt das vorige Verfahren: beym Abkühlen und Condensiren der statt der atm. Luft in der Röhre vorhandenen Dämpfe, entsteht ein leerer Raum, den sogleich, vom Drucke der Atm. getrieben, die Flüssigkeit einnimmt, worein die Mündung des Gefäßes getaucht ist. Jedermann weiß, daß aus dem Zapfenloche eines Fasses jede Flüssigkeit gut herausfließt, wenn das Spundloch offen ist, daß aber das Ausfließen immer beschwerlicher wird, und endlich ganz aufhöret, wenn das Spundloch verstopft und dadurch der Druck der Luft auf die Oberfläche der Flüssigkeit im Fasse aufgehoben ist. So lange man die obere Oeffnung des Stechhebers mit dem Daumen verschlossen hält, rinnt die aufgesogene Flüssigkeit nicht aus. — Auch eine große Zahl physikalischer Spielereyen läßt sich daraus erklären: das magische und Mahon'sche Tintenfaß, die Taschenschreibfedern mit Tinte, der magische Trichter, der Oehlkrug der Witwe, das Sieb der Vestalinn, der Zauber- oder auslassende Brunnen, u. dgl m. Einen großen Nutzen im gemeinen Leben leistet der Druck der Atm. bey den Wasserpumpen, beym Heber und Barometer.

362. Die gemeine Spritze, z. B. die Handfeuerspritze, ist die einfachste Art von Pumpe. Wird die Spritze ab (Fig. 150) mit der Oeffnung b in Wasser gesteckt und der Stämpel c in die Höhe gezogen, so hinterläßt er einen luftleeren Raum, in welchen das Wasser in die Höhe steigt, ohne auszufließen, wenn man auch die Spritze ganz aus dem Wasser hebt und forträgt (§. 360); stößt man aber den Stämpel c nieder, so spritzt das Wasser mit einer Gewalt und auf eine Höhe heraus, die mit der Enge der Oeffnung und mit der stossenden Kraft im Verhältnisse stehet. — Die gemeine Saugpumpe (Fig. 151), zum Heben des Wassers aus der Tiefe auf die Oberfläche der Erde, besteht aus drey wesentlichen Stücken: aus dem Saug- oder Steigrohre ab, aus dem Stiefel cd, und aus dem Kolben f. Das Saugrohr stehet unten im Wasser, und ist oben bey a mit einem Ventile x geschlossen, welches sich, aufwärts gedrückt, öffnet, abwärts gedrückt aber das Rohr genau schließt. In dem Stiefel bewegt sich der Kolben oder Stämpel f luftdicht auf und ab, so daß er bey seiner größten Höhe d erreicht, bey seiner größten Tiefe aber die Klappe x berührt. Der Kolben selbst ist durchbohrt, und die Oeffnung oben mit dem Ventile y von derselben Einrichtung wie das Ventil x, geschlossen. Gesetzt nun, der im An-

fange mit dem Ventile x in Berührung stehende Kolben werde in die Höhe gezogen, so entsteht zwischen dem Ventile x und dem Boden des Kolbens ein luftleerer Raum: die Luft in der Saugröhre stößt daher das Ventil x auf, und verbreitet sich in diesem Raume; weil aber in diesem die Luft immer verdünnt bleibt, und dem Drucke der äußeren nicht das Gleichgewicht halten kann, so wird durch den letzteren das Wasser in der Saugröhre in die Höhe getrieben. Nun hat der Kolben seine größte Höhe erreicht und fängt an sich herab zu bewegen: dadurch wird die vorher verdünnte Luft verdichtet, will durch das Ventil x wieder in die Saugröhre treten, verschließt sich aber diesen Ausgang durch Zudrücken selbst, und findet keinen andern, als die Klappe y in dem Kolben aufstoßen und hier zu entweichen. Das Wasser in der Saugröhre bleibt, wenn das Ventil x den Druck der zusammengepreßten Luft in dem Stiefel abhält, auf derselben Höhe stehen, zu welcher es vorher bey der Verdünnung der Luft während des Anziehens des Kolbens gestiegen war. Wenn dieses Verfahren einige Mahl wiederhohlt und die Luft im Stiefel immer mehr (nähmlich jedes Mahl um den Theil, der beym Herabdrücken des Kolbens durch das Ventil y entweicht) verdünnt wird; so steigt das Wasser in der Saugröhre immer höher, später sogar über das Ventil x, füllt endlich den ganzen Stiefel aus, so daß beym Hinabdrücken des Kolbens Wasser, statt Luft, durch das Ventil y dringt, welches dann beym Heraufziehen des Kolbens durch die Gußröhre g h ausfließt. — Da der Druck der Atm., welcher eigentlich in dieser Maschine das Wasser im Rohre unter dem Kolben steigen macht, dasselbe nicht über 32 Fuß heben kann, so darf das Saugrohr sich nicht ganz 32 Fuß über die Oberfläche des Wasserspiegels erheben. Je mehr sich die Höhe des Saugrohrs 32 Fuß nähert, desto genauer muß das Pumpwerk construirt, und vorzüglich der schädliche Raum, d. h. der Zwischenraum, der beym niedrigsten Stande des Kolbens zwischen diesem und dem Ventile x bleibt, und aus dem die Luft daher nicht ganz weggeschafft werden kann, möglichst vermieden werden. Eine Pumpe mit einem solchen schädlichen Raume hebt Wasser nie auf 32 F. Als ein gutes Verhältniß nimmt man an, wenn die Saugröhre bis zum Ventile x sich 25 bis höchstens 28 F. über die Oberfläche des Wassers erhebt, und wenn der Spielraum des Kolbens, d. h. der Raum zwischen seinem höchsten und niedrigsten Stande im Stiefel, 4 F. beträgt. Das

Steigen desjenigen Wassers, welches durch das Ventil b des Kolbens gedrungen ist, hängt nicht mehr von dem Drucke der L. ab, und dieses kann also von dem Kolben zu jeder Höhe gehoben werden: Pumpwerke mit einem hohen und niedrigen Satze.

Die Savery'sche Dampfmaschine (S. 467) ist ein Saugwerk, in welchem der leere Raum nicht durch mechanische Gewalt, sondern durch das Condensiren von Wasserdämpfen hervorgebracht wird. Indem man 28 F. als das Maximum der Steigrohrhöhe annimmt, rechnet man auch auf den niedrigsten Barometerstand, weil sonst bey diesem der Brunnen kein Wasser geben würde. — Man hat noch eine andere Art von Pumpen zum Wasserheben, welche nicht auf dem Drucke der Atm. beruhen, und welche Druckwerke heißen. Die Saugröhre a (Fig. 152) bis über das Ventil x, ja selbst noch der unterste Theil des Stiefels b c, stehen unter Wasser. In den Stiefel mündet sich die seitwärts angebrachte Steigröhre de mit dem Ventile y, welches sich gegen die Steigröhre hin öffnet, gegen den Stiefel zu aber schließet. Steigt der Kolben f, welcher nicht durchbohrt und ohne Ventil ist, in die Höhe, so tritt das Wasser, nach hydrostatischen Gesetzen, vermöge seiner Schwere durch die Oeffnung x in den Stiefel; drückt der Kolben herab, so schließt sich das Ventil x, das Wasser drückt das Ventil y auf, und dringt in die Steigröhre, aus welcher ihm dasselbe Ventil den Rücktritt versperrt. Durch die nachkommenden Portionen bey wiederhohltem Spiele des Kolbens wird das Wasser in der Steigröhre immer höher gedrückt, bis es an die Ausgußröhre gelangt, die in einer beliebigen Höhe angebracht seyn kann; nur versteht sich von selbst, daß eine um so größere bewegende Kraft und daher auch eine um so solidere Construction des Druckwerkes dazu gehöret, je höher das Wasser gehoben werden soll. — Man hat auch häufig dergleichen Vorrichtungen, in welchen Saug- und Druckwerke verbunden sind. — Ventile oder Klappen sind Vorrichtungen, welche flüssigen Substanzen durch eine Oeffnung den Durchgang nach einer gewissen Richtung leicht gestatten, den Rückgang aber verschließen. — Weil bey einem einfachen Saugwerke das Wasser aus der Ausgußröhre nur fließt, wenn der Kolben in die Höhe steigt, und bey einem einfachen Druckwerke nur, wenn der Kolben abwärts drückt, so bringt man meistens zwey Stiefel und zwey Kolben an, wovon der eine in die Höhe steigt, während der andere abwärts wirkt. Eine solche Druckvorrichtung zeigt die Feuerspritze (Fig. 148) zugleich mit dem Windkessel (S. 548), um das Aussetzen des Wasserstrahls selbst während der kurzen Zeit als die Kolben wechseln, d. h. der gestiegene abwärts und der hinabgedrückte aufwärts zu gehen anfängt, zu verhüthen. Gute Feuerspritzen sind nebst dem in der Figur sichtbaren doppelten Druckwerke auch mit einem Saugwerke

versehen, durch welches die Spritze sich selbst das nöthige Wasser aus einem Fluße, Brunnen, aus einer Cisterne oder aus einem andern benachbarten Wasserbehältnisse, mit denen man das Saugwerk mittelst eines Schlauches in Verbindung setzt, zupumpet.

363. Unter Heber versteht man eine (wie in Fig. 153) ungleichschenklich gebogene Röhre. Steckt man den kürzeren Schenkel ac in eine Flüssigkeit, und saugt an dem längeren cb mit dem Munde, so füllt sich anfangs der ganze Heber mit der Flüssigkeit; dann fängt diese aus dem längeren Schenkel bey b zu fließen an, und höret nicht eher auf, bis die Oberfläche der Flüssigkeit in dem Gefäße auf den Punct a herab gesunken, und der kürzere Schenkel also nicht mehr eingetaucht ist. Um sich diese Wirkung des Hebers zu erklären, denke man sich denselben voll: die Atm. wirkt auf die Säule in dem kürzeren Schenkel durch den Druck auf die Oberfläche de der Flüssigkeit im Gefäße; auf die Flüssigkeitssäule in dem längeren Schenkel unmittelbar durch die Oeffnung des Hebers bey b. Da die Atm. durch ihren Druck einer Wassersäule von 32 Fuß das Gleichgewicht hält, so sucht sie die Flüssigkeit im kürzeren Schenkel mit diesem Gewichte, weniger der Säule dc, welche sie schon trägt, und die Flüssigkeit im längeren Schenkel mit dem genannten Gewichte weniger der Länge dieses Schenkels bc zu heben. Im ersten Falle muß, da weniger abgezogen wird, von diesem ursprünglichen Drucke mehr übrig bleiben als im zweyten; die Atm. treibt also die Flüssigkeit in dem kürzeren Schenkel mit mehr Kraft in die Höhe als in dem längeren; diese kann daher jener nicht mehr das Gleichgewicht halten, und fließt aus. Weil dieses Verhältniß dasselbe bleibt, so dauert der Ausfluß so lange, als der kürzere Schenkel die Oberfläche der Flüssigkeit noch erreicht. Die Länge des in die Flüssigkeit getauchten Schenkels kann nur von der Oberfläche derselben de bis zum höchsten Puncte des Hebers c gerechnet werden: man sieht also, daß das oben genannte Verhältniß auch bey einem gleichschenkelichen Heber eintreten muß, wenn der eine Schenkel etwas tief in die Flüssigkeit getaucht wird; indem dieser gleichsam um jenes Stück verkürzt wird, mit dem er in die Flüssigkeit taucht. Aus dem Gesagten erhellet aber auch, daß die Höhe von der Oberfläche des Wassers bis zum höchsten Puncte des Hebers nicht über 32 Fuß betragen darf, und daß man durch Heber dem Wasser keinen größeren Fall geben kann, als es ohnehin hat.

Um das Saugen mit dem Munde zu ersparen, kann man den Heber vor der Anwendung mittelst eines feinen Trichters mit der überzuziehenden Flüssigkeit anfüllen. Bey großen messingenen oder blechernen Hebern zu technischen Zwecken sind die Mündungen mit Hähnen versehen, und am höchsten Puncte der Wölbung des Hebers bey c befindet sich ein ebenfalls mittelst eines Hahnes zu verschließendes, trichterförmiges Ansatzrohr: die Hähne an den Mündungen werden geschlossen, der Heber wird durch das trichterförmige Ansatzrohr gefüllt, dann der Hahn an dem letzteren geschlossen, der kurze Schenkel des Hebers in die überzuziehende Flüssigkeit gesenkt, und nun die Hähne an den Mündungen geöffnet. Das Ausfließen durch den längeren Schenkel dauert so lange, bis der Flüssigkeitsspiegel die Mündung des kürzeren Schenkels erreicht. Um das Saugen bequem zu verrichten und der Unannehmlichkeit auszuweichen, dabey etwas von der Flüssigkeit in den Mund zu bekommen, bringt man noch die Röhre mn (Fig. 154) an, durch die man bey n mit dem Munde saugt, während man die Oeffnung a mit dem Finger verschließt, bis die übergesaugte Flüssigkeit dort angekommen ist (Giftheber). Es gibt auch Blaseheber, die man durch Blasen in Gang bringt. Der so genannte Vexierbecher (Diabetes Heronis Fig. 155) ist ein Gefäß, in welchem der Heber abc angebracht ist: man sieht leicht, daß dieser Heber erst dann in Gang kommen kann, wenn das Gefäß bis über c angefüllt ist, worauf aber der Becher sich ganz entleert. Auf eine ähnliche Weise erkläret man sich durch heberartige unterirdische Canäle das Trockenwerden des Zirknitzer-Sees nach langem Regenwetter, das Intermittiren gewisser Quellen, z. B. hinter der Villa Pliniana am Comer See, des Hirschbrunnen am Hallstädter See, u. dgl. m. Am Canale von Languedoc sind solche gemauerte Heber angebracht, um das Wasser, wenn es zu hoch steigt, wieder auf den Normalstand zurück zu führen. — Daß das Steigen der Flüssigkeiten in den Saugwerken und die Heberwirkungen wirklich von dem Drucke der Luft abhängen, erhält noch einen neuen Beweis dadurch, daß beyde im luftleeren Raume oder bey sonst verhindertem Drucke der Luft auf die auszupumpende oder überzuziehende Flüssigkeit nicht Statt haben: bringt man das Gefäß mit der Flüssigkeit, die man auspumpen will, unter die entleerte Glocke der Luftpumpe, so wird bey der besten Einrichtung des Saugwerkes und bey noch so lange fortgesetztem Pumpen nichts von der Flüssigkeit in die Höhe gehoben werden. Wird die Luft in der Glocke nur etwas verdünnt, so steigt die Flüssigkeit wohl, aber nicht so hoch als in freyer Luft. Siedendes Wasser läßt sich durch den Heber so wenig, als durch Saugwerke heben, weil die ausgepumpte Luft durch Wasserdämpfe von derselben Spannung ersetzt wird. — So innig wir auch heut zu Tage von dem Drucke der

Atmosphäre überzeugt sind, und so leicht wir ihn auch jedem Zweifler durch eine zahllose Menge von Versuchen augenscheinlich machen können: so war doch derselbe den älteren Physikern bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts unbekannt. Sie erklärten die atm. L. für ein Wesen, welches weder schwer noch leicht sey, und das Steigen der Flüssigkeiten in den Saug- und Hebervorrichtungen für eine Wirkung des Abscheues, den die Natur vor dem leeren Raume haben sollte. Galilei (geboren 1564, † 1642) als Zeuge des fruchtlosen Bestrebens eines Florentiner Gärtners, Wasser durch Saugwerke über eine Höhe von 32 Fuß zu heben, erregte zuerst Zweifel gegen diese der Natur angedichtete Idiosyncrasie; obschon er in der ersten Verlegenheit noch angab, der Abscheu der Natur vor dem leeren Raume erstrecke sich nur auf 32 Fuß. Er wiederhohlte den Versuch mit einer Röhre, die über 32 Fuß lang, oben und unten mit einem Hahne versehen war: wurde die Röhre bey geschlossenem unterem Hahne durch den oberen mit Wasser gefüllt, dann dieser geschlossen und jener geöffnet, so floß das Wasser so lange aus, bis es auf eine Höhe von 32 Fuß gesunken war, auf der es stehen blieb. Der Erste, welcher diese Erscheinungen dem Luftdrucke zuschrieb, war Torricelli, der den eben beschriebenen Versuch mit mehreren andern Flüssigkeiten, vorzüglich mit Quecksilber, anstellte und bemerkte, daß diese auf einer, mit ihrem spec. Gewichte im umgekehrten Verhältnisse stehenden Höhe hängen blieben: das Quecksilber z. B., welches 13 $^1/_2$ Mahl schwerer ist als Wasser, um eben so viel Mahl weniger hoch als dieses. Durch diesen Versuch, der sich mit Quecksilber am bequemsten anstellen läßt, weil man dazu keiner so langen Röhren bedarf, wurde Torricelli, von dem man auch jene Röhre und den in ihr, wenn sie über 28 Zoll hoch ist, über dem Quecksilber entstehenden leeren Raum (Torricelli'sche Röhre, Torricelli'sche Leere) benannt hat, zum Erfinder des Barometers.

Barometer.

364. *Wenn man eine 30 Zoll lange, an einem Ende zugeschmolzene, mit Quecksilber gefüllte Glasröhre mit dem Finger verschließt, umkehrt, in ein weiteres Gefäß mit Quecksilber taucht, dann den Finger wegnimmt, so fällt das Quecksilber augenblicklich bis auf ungefähr 28 Zoll (§. 361): vermehrt sich der Druck der Atm. auf das Quecksilber im größeren Gefäße, so steigt es in der Röhre über 28 Zoll, vermindert sich der Druck, so fällt es etwas tiefer. Wenn nun an der Röhre ein Maßstab (Scale) angebracht wird, nach welchem man die Erhebung der Quecksilbersäule in der Röhre über die*

Quecksilberfläche im größeren Gefäße, nach Zollen und Linien genau angeben kann, so ist man mittelst dieser Vorrichtung im Stande, die im Drucke oder im Gewichte der Atmosphäre vorgehenden Veränderungen bequem zu beobachten. Deßwegen hat man diese Einrichtung der Torricelli'schen Röhre **Barometer** oder **Baroskop** (Luftschwere-Messer oder Zeiger) genannt. Dieses Instrument, welches eben im Zustande seiner größten Einfachheit beschrieben worden ist, hat zu verschiedenen Nebenzwecken mancherley Veränderungen erlitten. Der Bequemlichkeit wegen hat man Anfangs das größere Gefäß an die Röhre gekittet. Dann hat man die Röhre unten umgebogen (Fig. 156), und am zweyten, in die Höhe steigenden, kürzeren Schenkel cd, statt des Gefäßes, die birnförmige Erweiterung fg angebracht: von der letzten Art sind die meisten der gemeinen als **Wettergläser** gebrauchten Barometer. Solche Barometer, wo der Druck der Luft mittelst einer größeren Quecksilberfläche auf die Quecksilbersäule in der Röhre wirkt, und die man **Gefäß-** oder **Kapsel-Barometer** nennet, haben eine gemeinschaftliche Unvollkommenheit, die daraus entspringt, daß das Quecksilber in der Kapsel nicht immer dieselbe Höhe behält; denn steigt es in der Röhre, so wird aus der Kapsel mehr Quecksilber hineingedrückt, und es muß folglich in der Kapsel fallen; fällt es in der Röhre, so tritt mehr Quecksilber in die Kapsel, und es steigt also in dieser. Da aber die Oberfläche des Quecksilbers in dem (größeren) Gefäße der Nullpunct ist, von dem man die Höhe der Quecksilbersäule in der Röhre zu messen anfängt, so sieht man, daß dieser Punct im Gefäß-Barometer veränderlich ist. Ist die Scale, welche überhaupt nur den Abstand der oberen Quecksilberfläche (in der Röhre) über die untere (in der Kapsel), die **Barometerhöhe**, den **Barometerstand**, **den Stand oder die Höhe des Quecksilbers im Barometer**, angeben soll, unbeweglich, so wird sie niedrige Barometerstände zu hoch, und hohe zu niedrig angeben, also nur bey einem gewissen Stande des Barometers ganz richtig seyn. Man hat dieser Unvollkommenheit dadurch abzuhelfen gesucht, daß man das Gefäß im Vergleich mit der Röhre sehr weit machte, oder daß man entweder die Barometerröhre selbst oder auch die Scale auf- und abwärts verschiebbar einrichtete, wobey man also vor jeder Beobachtung den Nullpunct der Scale an die Quecksilberfläche im Gefäße rückte; oder daß man die Quecksilber-Libelle im Gefäße

durch Hinauf- oder Herabschrauben des Bodens stets auf einen bestimmten Punct bringen konnte; oder daß man die deßwegen nothwendige Correction gleich in der Scale anbrachte. Dieser Verbesserungen ungeachtet behalten doch Gefäß-Barometer eine andere Unvollkommenheit wegen der ungleichen Wirkung der Capillarität in der engen Röhre und in dem weiten Gefäße, welche macht, daß das Quecksilber in der engen Röhre immer etwas niedriger stehet als es eigentlich stehen sollte, und zwar um so niedriger, je enger die Röhren sind. Bey Röhren, welche über 9 Linien weit sind, verschwindet dieser Fehler; daher hat die Röhre an Bohnenberger's Normal-Barometer 14,5 P. Linien im Durchmesser (Gilb. A. 83, 378).

Zu den gewöhnlichen Beobachtungen des Druckes der Atm. an einem fixen Standpuncte, wo die Veränderungen in der Barometerhöhe höchstens 2 Zoll betragen, sind die gemeinen Kapsel-Barometer mit einem etwas weiten Gefäße gut genug. Auch darf man zu diesem Zwecke nur jenes Stück des Maßstabes, in welchem die Barometer-Veränderungen vorgehen, also von 26 bis 30 Zoll, anbringen.

365. Das Heber-Barometer ist von den genannten Unvollkommenheiten der Gefäß-Barometer frey. Es bestehet aus einer zweyschenklichen Röhre abcd (Fig. 157), die bey a zugeschmolzen, bey d offen ist. Die senkrechte Höhe derselben von b bis a beträgt beyläufig 34 Zoll. Sie wird auf die gewöhnliche Art mit Quecksilber gefüllt; dann werden zwey Scalen angebracht, eine am längeren, die andere am kürzeren Schenkel. Der Nullpunct kann wo immer hingesetzt werden; nur muß der im längeren Schenkel jenem im kürzeren Schenkel in derselben Höhe gerade gegenüber angebracht werden, z.B. in x und y. Die Luft wirkt durch ihr Gewicht auf das Quecksilber im offenen kürzeren Schenkel, und drücket mittelst desselben das Quecksilber im längeren Schenkel in die Höhe, wenn sie am Gewichte zunimmt; so wie hingegen das Quecksilber durch sein Sinken im längeren Schenkel jenes im kürzeren Schenkel aufwärts drückt, wenn die Luft am Gewichte abnimmt. Man sieht daraus leicht ein, daß das Quecksilber im kürzeren Schenkel fallen muß, wenn es im längeren steigt; steigen hingegen in jenem, wenn es in diesem fällt, und daß die Länge der vom Gewichte der Luft gehobenen Quecksilbersäule um das zunimmt, um was das Quecksilber in cd unter Null sinkt, um jenes Stück hingegen abnimmt, um welches das Quecksilber in cd steigt. Man muß daher zu der beobachteten

Höhe des Quecksilbers in a b so viel Maßtheile hinzuzählen, als der Abstand der Quecksilberoberfläche im kürzeren Schenkel unter Null beträgt, und im Gegentheile den Abstand derselben über Null von jener Höhe abziehen. Es stehe z. B. (wie es die Figur zeigt) das Quecksilber im längeren Schenkel auf 22 Zoll über, im kürzeren auf 6 Zoll unter Null: so ist die eigentliche Barometerhöhe 22 + 6 = 28 Zoll. Würde das Quecksilber im längeren Schenkel um 2 Zoll, also auf 20 Zoll fallen, so müßte es im kürzeren um 2 Zoll steigen, also nur 4 Zoll unter Null stehen, und die wahre Barometerhöhe wäre dann 20 + 4 = 24 Zoll.

Um das doppelte Beobachten und das Rechnen zu vermeiden, hat man auch am Heber-Barometer entweder die Scale oder die Röhre beweglich gemacht, so daß man vor jeder Beobachtung den Nullpunct der Scale an die Oberfläche des Quecksilbers im kürzeren Schenkel bringen kann. Bey Heber-Barometern kommt es vorzüglich darauf an, daß die Röhre im längeren oder kürzeren Schenkel, wenigstens dort, wo die Veränderungen im Stande des Quecksilbers vorgehen, durch sorgfältiges Calibriren gleich weit gefunden sey, weil nur in diesem Falle die Wirkung der Capillarität im längeren und im kürzeren Schenkel sich wechselseitig vollständig aufhebt; daher steht auch dieses Barometer immer höher als das zu niedrig stehende Kapsel-Barometer. Der einzige Nachtheil am Heber-Barometer ist dieser, daß es um die Hälfte weniger empfindlich ist als das Kapsel-Barometer mit sehr weitem Gefäße, d. h. daß man z. B. am Heber-Barometer nur Unterschiede im Luftdrucke von 1/16 Linie Quecksilberhöhe bemerken wird, wenn man am Kapsel-Barometer noch Unterschiede von 1/32 Linie erkennet. Gleich nach Erfindung der Barometer trachtete man vorzüglich, kleine Veränderungen in ihrem Stande sehr deutlich bemerkbar zu machen. Diesen Zweck hatte Huygen's Doppel-Barometer, Morland's schiefliegendes, Bernoulli's rechtwinkliches Barometer, Hook's Rad-Barometer u. a. m., die aber alle wegen anderer, wesentlicherer Gebrechen wieder aufgegeben wurden. Man hat auch Barometergraphen. Für Reise-Barometer sind Vorrichtungen zum Sperren des Quecksilbers, um die schwankende Bewegung desselben in der Röhre zu verhindern, oder auch für das Quecksilber ganz geschlossene und nur für die Luft durchdringbare hölzerne Kapseln von großem Nutzen.

366. Ein gutes Barometer muß aus einer nicht unter zwey Linien weiten, genau cylindrischen, also gut calibrirten, gereinigten und getrockneten Röhre verfertigt, und mit reinem, aus Zinnober

oder rothem Oxyde reducirtem, kurz vor dem Einfüllen bis zum Sieden erhitzten und noch warmem Quecksilber gefüllt werden. Der Raum über dem Quecksilber muß möglichst luftleer seyn und bleiben. Für den letzten Zweck ist länger anhaltendes Auskochen des Quecksilbers in der Röhre selbst unerläßlich; denn sonst befindet sich im Quecksilber immer etwas Luft, die sich nach und nach in der Torricelli'schen Leere sammelt, und sowohl den Stand als die Bewegungen des Barometers unrichtig macht. Auch zur Entfernung aller Feuchtigkeit ist dieses Auskochen nothwendig, weil diese sonst als Dampf in die Torricelli'sche Leere steigt, und das Quecksilber herabdrückt. Das Quecksilber muß am offenen Ende der Röhre mit der Atm. in hinreichender Communication stehen. Die Scale muß nach einem richtigen Maßstabe mit größter Genauigkeit bis auf Viertellinien eingetheilt seyn. Das Instrument muß ganz senkrecht hängen, und vor jeder Beobachtung etwas geschüttelt oder mit der Hand geklopft werden, um den seine Bewegung hindernden Einfluß der Adhäsion des Quecksilbers an das Glas aufzuheben. Das Quecksilber bildet in der Glasröhre eine convexe Oberfläche: man bestimmt seinen Stand nach dem höchsten Puncte seiner Convexität, nicht nach dem das Glas berührenden Seitenrande. Das Auge muß bey der Beobachtung diesem höchsten Puncte gerade gegenüber, d. h. nicht höher und nicht tiefer sich befinden, welches man daran erkennet, wenn das Bild des Striches an der Scale, welcher der beobachteten Höhe entspricht, in dem Quecksilberspiegel der Röhre ganz horizontal erscheint. Zur größeren Genauigkeit ist auch ein Nonius (Vernier) oder manchmahl ein convexes Glas mit einem Absehen angebracht. Vorzüglich muß man aber bey Barometerbeobachtungen auf die T. des Quecksilbers Rücksicht nehmen; denn bey höheren Temperaturen ist das Quecksilber leichter, wird folglich von demselben Gewichte Luft etwas mehr in die Höhe gedrückt, als bey niedrigen Temperaturen. Man nimmt daher bey Barometerbeobachtungen einen gewissen Wärmegrad (gewöhnlich den Eispunct oder 0 R.) als Normal-Temperatur an, und reducirt alle Beobachtungen auf dieselbe. Das Quecksilber vermehrt für jeden Reaumur'schen Grad Temperaturzunahme sein Volumen um $1/4330$, folglich für 80 Grade um $8/433$, d. h. wenn die eiskalte Quecksilbersäule im Barometer bey einem bestimmten Luftdrucke 28 Zoll oder 336 Linien hoch ist, so wird sie, bis zum Siedepuncte des Wassers erhitzt, bey demselben Luftdrucke $336 + (336 \times 8/433$

= 342,2 Linien oder 28,517 Zoll hoch seyn. Hier beträgt also der bloß aus der T. des Quecksilbers entspringende Unterschied im Barometerstande schon über einen halben Zoll, welcher von der beobachteten Barometerhöhe abgezogen werden muß, wenn man sie auf den Stand beym Eispuncte reducirt. Ist die T. des Barometers unter dem Eispuncte, so muß die nach der obigen Regel gefundene Zahl bey der Reduction der beobachteten Höhe auf die Normal-T. hinzugezählt werden: z. B. die T. des Quecksilbers sey zur Zeit der Beobachtung — 15° R. und die beobachtete Barometerhöhe 333''': so wird diese auf den Eispunct reducirt 333 + ($^{15}/_{4330}$ × 333 oder $\frac{333.4330}{4330-15}$ = 334,2 Linien betragen. Diese Reduction des Barometerstandes auf eine bestimmte T. heißt man die **Berichtigung wegen der T. des Quecksilbers.** Jene Barometerbeobachtungen, wobey diese Berichtigung nicht angebracht oder die T. nicht bey jeder Beobachtung angegeben ist, können mit einander nicht verglichen werden. Deßwegen soll so nahe als möglich an der Röhre eines guten Barometers ein Thermometer (Barometer-Thermometer) befestigt, oder noch besser, so angebracht seyn, daß seine Kugel in das Quecksilber des Barometers taucht.

Barometer, welche beym Schwanken des Quecksilbers in der Torricelli'schen Leere mit elektr. Lichte leuchten oder blitzen, sind nicht vollständig luft- oder dampfleer, müssen also neuerdings ausgekocht werden. Da der Druck der äußern Luft sich durch die feinsten Oeffnungen, z. B. selbst durch die Poren des Buchsbaumholzes, obschon etwas langsamer fortpflanzt; so befindet sich das Quecksilbergefäß öfters in einer hölzernen Kapsel; und weil sich dieser Druck in jeder horizontalen, verticalen oder geneigten Richtung mittheilt, so brauchen die Barometer nicht im Freyen zu hängen. Jedes Barometer muß bey Ortsveränderungen so gehalten werden, daß das Quecksilber das obere halbkugelförmig zugeschmolzene Ende der Röhre berührt. In Barometern mit zu weiten Röhren, die übrigens auch schwieriger auszukochen sind, dringt beym Transportiren leicht Luft. Ausgekochtes Quecksilber adhärirt dem Glase stärker als nicht ausgekochtes, bewegt sich also auch langsamer. Aus dieser Adhäsion erkläret sich die mehr convexe Libelle des Quecksilbers beym Steigen als beym Fallen. Frisch destillirtes, dann in der atm. Luft gekochtes und erkaltetes Quecksilber, welches in der Barometerröhre eine vollkommen glatte Oberfläche zeigt, läßt noch Luft fahren, wenn man es im luftleeren Raume stark kochet, und zwar in solcher Menge, daß die ganze innere Wand der

Röhre mit Luftbläschen besetzt wird. Wenn man ein im luftleeren Raume ausgekochtes Heber-Barometer an der Atm. stehen läßt, so hat der mit der Luft in Berührung stehende Theil des Quecksilbers Luft absorbirt; denn wenn er im luftleeren Raume erhitzt wird, zeigen sich an dem mit der Luft in Berührung stehenden Ende der Quecksilbersäule bis auf 1/4 Zoll Tiefe Luftbläschen; auf 1 Zoll Entfernung von diesem Ende hört die Luftentwicklung auf. Man muß glauben, daß diese Luft im Quecksilber wie im Wasser unter einer unsichtbaren Form existirt, und daß man also das Quecksilber in den Barometerröhren lange kochen muß, um es von der Luft zu befreyen. Auch zeigen diese Versuche, daß man nur eine sehr kleine Oberfläche des Quecksilbers mit der Atm. in Berührung setzen soll. Daraus kann man sich die verschiedene Höhe des Quecksilbers in verschiedenen Barometern erklären. Auch scheint daraus die Nothwendigkeit zu folgen, selbst die besten Barometer nach Verlauf einer gewissen Zeit wieder auszukochen (*Daniell in Edinb. philos. J.* 12, 76. — Luz vollständige Beschreib. aller bisher bekannten Barometer. Nürnberg 1784. Voigt's Supplemente dazu. Lpz. 1802. De Luc's, Englefield's, Schiege's, Gay Lussac's, Benzenberg's, G. Winkler's Reise-Barometer, Gehler's physik. Wörterb. (1825) 1, 759. — Dr. F. Körner's Anleitung zur Verfertigung übereinstimmender Thermometer und Barometer. Jena 1824).

367. Da die Höhe der Quecksilbersäule im Barometer von dem Gewichte der darauf drückenden Säule atm. L. von einem gleichen Durchmesser, welcher sie das Gleichgewicht halten muß, abhängig ist: so muß sich der Stand des Barometers ändern, wie das Gewicht dieser Luftsäule eine Aenderung erleidet. Ein Umstand, von dem das Gewicht der genannten Luftsäule abhängt, ist die Höhe derselben. So wie die Luft in einem Trinkglase, welches man senkrecht mit abwärts gekehrter Mündung unter Wasser taucht, desto mehr in die Höhe oder zusammen gepreßt wird, je tiefer man es unter die Oberfläche des Wassers drückt, je höher also die darauf drückenden Wassersäulen werden: so muß auch das Quecksilber im Barometer desto höher getrieben werden, je länger oder höher, unter übrigens gleichen Umständen, die darauf drückende Luftsäule ist. Da nun auf hohen Thürmen oder Bergen diese Luftsäule um die ganze senkrechte Höhe des Thurmes oder Berges kürzer wird, so muß dort das Barometer tiefer stehen, als in Thälern oder niedrig liegenden Ebenen.

Es ist leicht begreiflich, daß das Quecksilber im Barometer unter der Glocke der Luftpumpe desto mehr fallen muß, je mehr die Luft

in der Glocke verdünnt wird: vor der Verdünnung hatte die Luft in der Glocke dieselbe Dichtigkeit, folglich auch dieselbe Elasticität, wie die in der Atm., weil sie, der Voraussetzung gemäß, mit dieser unter Einem Drucke stand; durch die Verdünnung verliert sie in eben demselben Verhältnisse an Elasticität, wie an Dichtigkeit; sie ist daher nicht mehr im Stande, durch ihre Elasticität einer so hohen Quecksilbersäule das Gleichgewicht zu halten. Daher braucht man Barometer auch als Anzeiger der durch Luftpumpen hervorgebrachten Luftverdünnung, und als Elaterometer überhaupt (§. 87*).

368. Man bemerkt auch Veränderungen im Stande eines an demselben Orte ruhig hängenden Barometers (Barometer-Veränderungen, Steigen und Fallen des Barometers, statt Steigen und Fallen des Quecksilbers im Barometer), welche beweisen, daß Veränderungen im Gewichte der auf dasselbe drückenden Atm. vorgegangen sind. Einige dieser Veränderungen sind regelmäßig, andere unregelmäßig. Die regelmäßigen deuten auf eine ähnliche Ebbe und Fluth in der Atm. hin, wie wir sie im Meere bemerken. Nach Ramond's Beobachtungen in Frankreich erreicht das Barometer seinen ersten täglichen niedrigsten Stand um 4 Uhr, den höchsten um 9 Uhr Morgens; um 4 Uhr Nachmittags den zweyten niedrigsten, und um 11 Uhr Abends dann wieder den höchsten Stand. In den Aequatorial-Gegenden sind diese regelmäßigen Bewegungen, weil sie von den unregelmäßigen nicht gestört werden, so deutlich bemerkbar, daß man darnach, wie nach einer Uhr, die Stunden angeben kann (Humboldt in Schweigg. J. 46, 438). Die unregelmäßigen Barometer-Veränderungen sind am Aequator äußerst unbeträchtlich, je näher man aber an die Pole kommt, desto häufiger und beträchtlicher werden sie. In Peru z. B. beträgt der größte Unterschied im Barometerstande nur 2 Linien, in Bogota nach Boussingault und Rivero nur 0,0062 M., in Deutschland schon über 23. Man findet die mittlere Barometerhöhe eines Ortes auf dieselbe Art wie man die mittleren Thermometerhöhen (die mittlere Temperatur) findet, indem man die Summe einer großen Zahl von Beobachtungen durch diese Zahl selbst dividirt. Nach den auf der Wiener Universitäts-Sternwarte, durch 20 auf einander folgende Jahre, täglich 3 Mahl angestellten Beobachtungen, ist daselbst die mittlere Barometerhöhe 28,409 Zoll oder 28 Zoll 4,908 Linien, oder 340,908 Linien bey einer mittleren

T. des Quecksilbers im Barometer von + 14°,59 R.; folglich ist diese mittlere Barometerhöhe auf eiskaltes Quecksilber reducirt, 28,315 Zoll oder 339,775 W. L. (= 330‴,636 = 27″ 6‴,636 = 27″,553 P. Maß, oder 352‴,652 = 29″ 4‴,652 = 29″,387 engl. Maß). — Zum Vergleichungspuncte der mittleren Barometerhöhen aller Gegenden, nimmt man die an der Meeresfläche, welche in dem gemäßigten nördlichen Himmelsstriche 28,895 Wiener (= 28,1183 Pariser) Zoll oder 346,74 W. Linien (nach Egen in Europa 0,7605 M. = 28,062 P. = 28,87 W. Zoll) beträgt. In der südlichen Hemisphäre, ja nach Humboldt, selbst schon unter dem Aequator, soll der mittlere Barometerstand an der Meeresfläche um 1,18 P. Linien niedriger seyn.

Die Angaben über den mittleren Barometerstand in Wien rühren von Triesnecker nach den Beobachtungen an einem der Barometer her, welche in dem Zimmer des Stockwerkes über der Wohnung des Astronomen (16,946 W. Klaft. über dem Donauspiegel) hingen. — Die Veränderungen im Barometerstande sucht man durch Strömungen von Luftmassen zu erklären, die entweder durch Wärme oder durch Dünste, oder auch dadurch, daß sie aus einer höheren oder tieferen Schichte der Atm. kommen, in ihrem spec. Gewichte verschieden sind von der Luft, die sie aus jener Gegend verdrängen, wo das Barometer steigt oder fällt. De Luc stellt den Satz auf, es werde Luft in Wasser und Wasser in atm. Luft verändert. Es ist nicht ausgemacht, ob die Atm. stets denselben Druck ausgeübet habe; wir wissen nicht einmahl, ob seit 100 Jahren die mittlere Barometerhöhe an einem und demselben Orte immer die nähmliche geblieben ist. Nach Poleni's, Toaldo's, so wie nach Carlini's neueren Beobachtungen, scheint dieser Druck veränderlich, z. B. zu Mailand im Abnehmen. — Daß übrigens chemische Prozesse in der Atm. auf ihr Gewicht einen großen Einfluß haben, ist ohne Zweifel, und weil auf solche chemische Veränderungen häufig auch Wechsel in der Witterung folgt, so trifft das Steigen und Fallen des Barometers öfters mit dem letzteren zusammen. So ist z. B. am Aequator die Witterung eben so beständig, und näher an den Polen eben so veränderlich als der Barometerstand. Wer jedoch bedenkt, daß einige chem. Veränderungen in der Atm. auch ohne merkliche Vermehrung oder Verminderung ihres Gewichtes vorgehen können; daß eingeleitete chemische Prozesse wieder zurückgehen können, ehe sie noch eine Wetterveränderung zu bewirken im Stande waren; endlich daß wegen des Bestrebens der Atm., sich immer in's Gleichgewicht zu setzen, Veränderungen derselben auf ihr Gewicht in sehr entfernten Gegenden, wo

keine die Witterung ändernde chem. Prozesse vorgehen, Einfluß haben: der wird dem Barometer als Witterungsverkündiger und als Wetterglas nicht mehr zumuthen, als es leisten kann, welches selbst bey gleichzeitiger Berücksichtigung der Jahres- und Tageszeit, der Windes-Richtung, Stärke und Temperatur u. dgl. m. immer nur wenig Zuverlässiges ist (S. Anton Pilgram's Untersuchungen über das Wahrscheinliche in der Wetterkunde Wien 1788, 4.). Schon Pascal brauchte das Barometer als Wetterglas, nur hielt er den niedrigen Stand desselben für den Vorgänger von schönem, und den hohen Stand für den Verkündiger von nassem, windigem Wetter (Ueber den mittleren Barometerstand an der Meeresfläche: Egen. in Gilb. A. 85, 290. Humboldt in Gilb. A. 88, 399).

369. Wenn die Atm. ihrer ganzen Ausdehnung nach von derselben Dichte, wie an dem Orte der Beobachtung wäre: so könnte man ihre Höhe sehr leicht berechnen. Da nähmlich ganz trockne Luft (nach Biot's Abwägungen, wenn Luft und Quecksilber unter der Breite von Paris beym mittleren Barometerstande an der Meeresfläche und auf dem Eispuncte sind) 10447 Mahl leichter als das Quecksilber ist: so müßte eine Luftsäule, welche einer 28 Zoll hohen Quecksilbersäule das Gleichgewicht hält, $10447 \times 28 = 292516$ Zoll oder 24376 W. Fuß hoch seyn. Nimmt man in der Luft die mittlere Menge Wasserdämpfe an; so ist sie, die übrigen angeführten Umstände gleich gesetzt, 10458 Mahl leichter als Quecksilber, und müßte 24420 W. Fuß hoch seyn. Allein da nach dem Mariotte'schen Gesetze die Atm. im Verhältnisse der darauf lastenden Gewichte zusammengedrückt oder dichter wird: so sieht man leicht ein, daß die Dichtigkeit der Luft mit der Entfernung von der Erde immer abnehmen muß, oder daß die oberen Luftschichten dünner als die unteren seyn müssen. Jede Luftschichte wird durch das Gewicht der andern, noch über ihr befindlichen zusammengedrückt; da nun über einer unteren Schichte noch eine größere Masse Luft befindlich ist als über einer oberen, so wird die obere Schichte um das ganze Gewicht der zwischen ihr und der unteren befindlichen Luftmasse weniger als diese zusammengedrückt; daher muß die obere dünner, die untere dichter seyn. Durch Rechnung findet man, daß die Dichtigkeit der Luftschichten in einem geometrischen Verhältnisse abnimmt, während ihre Höhe in der Atm. in einem arithmetischen Verhältnisse zunimmt. Denkt man sich z. B. die ganze Atm. in 1000 über einander liegende gleich dicke Schichten getheilt, und hat man gefunden, daß sich die Dichtigkeit

der ersten (untersten) Schichte zur Dichtigkeit der zweyten wie 100:99 verhält: so wird sich auch die Dichtigkeit der vierten zur fünften, und eben so auch die Dichtigkeit der 999sten zur Dichtigkeit der 1000sten wie 100:99 verhalten (§. 91). Da die Dichtigkeit der Atm. mit dem zusammendrückenden Gewichte der über ihr befindlichen Luft im geraden Verhältnisse stehet, und da dieses Gewicht durch die Höhe des Quecksilbers im Barometer angezeigt wird: so muß sich auch die Dichtigkeit der Atm. an irgend einem Orte gerade wie die Höhe der Quecksilbersäule daselbst verhalten. Gesetzt der Barometerstand sey am Fuße eines Berges 28 Zoll, auf seinem Gipfel 27 Zoll; so wird sich auch die Dichtigkeit der Atm. an dem niederen Orte zu jener am höheren Orte, wie 28 zu 27 verhalten. Man findet daher das sp. Gewicht der atm. L. in jeder beliebigen Höhe, wenn man den Stand des Barometers in derselben, und das Verhältniß des sp. Gewichtes des Quecksilbers zu jenem der atm. L. bey irgend einem Barometerstande, z. B. bey 28,895 Zoll (dem mittleren Barometerstande an der Meeresfläche) kennet; man darf nähmlich nur die Zahl, welche das sp. Gewicht des Quecksilbers gegen das der Luft, als Einheit angenommen, bey 28,895 Zoll Quecksilberhöhe ausdruckt, mit dieser Zahl (28,895) multipliciren, und das Product durch den andern angegebenen Barometerstand dividiren, so zeigt der Quotient das Verhältniß des sp. Gewichts des Quecksilbers zum sp. Gewichte der atm. L. bey diesem Barometerstande an. Z. B. bey 28,895 W. Zoll Quecksilberdruck ist das Quecksilber 10447 Mahl schwerer als die Luft; um wie viel Mahl wird jenes specifisch schwerer seyn als diese, bey einer Barometerhöhe von 20 W. Zoll? $(28{,}895 \times 10447) : 20 = 15093$. Hier ist also das Quecksilber schon 15093 Mahl schwerer als die Luft, oder diese 15093 Mahl leichter als jenes.

Wenn das Mariotte'sche Gesetz bis zu jeder Verdünnung und Verdichtung der Luft richtig ist, so folgt aus dem Gesagten, daß die Atm. gar keine Gränzen hat, obschon sie zuletzt über alle Begriffe dünn werden muß. Dieses würde die Behauptung bestätigen, daß jeder Weltkörper durch seine Anziehung die im ganzen Weltraume zerstreuten Materialien seiner Atmosphäre um sich verdichtet habe. Wollaston widerlegt diese Behauptung durch folgende Schlußfolge: jeder Weltkörper hat anziehende Kraft, wie dieses die Gesetze der Gravitation beweisen; folglich müßte nicht allein die Erde, sondern auch jeder andere Weltkörper die im Weltraume zerstreuten Materialien der Atm. um sich verdichtet haben. Nun hat er während des Vorübergan-

ges der Venus vor der Sonnenscheibe keine Atm. entdecken können; und der Mond hat auch keine bemerkbare Atmosphäre: folglich kann auch die Atmosphäre unserer Erde nicht unbegränzt seyn. Gegen Wollaston ließ sich wieder einwenden: 1) Daß die Weltkörper eine specifische Anziehung gegen die im Weltraume zerstreuten Materialien der Atm. besitzen können, daß z. B. die Erde den Sauerstoff, Stickstoff rc. anziehen kann, während die Venus diese Stoffe nicht anziehet. 2) Ist es keine nothwendige Annahme, daß die Weltkörper alle zu gleicher Zeit gebildet worden sind: die früher gebildeten können sich alles vorhandene Material zugeeignet und für die späteren nichts übrig gelassen haben u. s. w. Andere nehmen an, die Atm. reiche so weit, bis sie den größten Grad von Verdünnung erleidet, den wir bisher in unsern besten Maschinen haben hervorbringen können; dann stehe ihre Expansiv-Kraft mit der Anziehung der Erde und mit ihrer Schwungkraft im Gleichgewichte, wodurch auch ohne Druck der weiteren Verbreitung derselben Gränzen gesetzt werden. Nach dieser Annahme berechnet Hube die Höhe der Atm. auf 8 geogr. Meilen. Fast eben so hoch ist sie von Andern nach den Phänomenen der Strahlenbrechung, z. B. nach der Dämmerung, bestimmt worden. Nach der Meinung des Prof. Schmidt in Gießen wird die Höhe der Atm. durch die Wärmeabnahme dort begränzt, wo die Gasarten, aus denen die Atm. besteht, wegen der großen Kälte nicht bestehen können. Da aber die Elasticität der Gasarten mittelst der Ausdehnung, welche sie beym Nachlassen des Druckes erleiden, die Ursache der Kälte in den oberen Theilen der Atm. ist: so kann ja diese Kälte den Gasarten ihre Elasticität nicht benehmen. Da wir übrigens im leeren Weltraume eine absolute Kälte annehmen müssen: so könnte man das Bestehen der letzten Schichte der Atm. nicht begreifen. — Noch Andere geben der Atm. eine viel beträchtlichere Höhe; indem sie die Sternschnuppen, welche man schon über 50 Meilen hoch beobachtet hat, noch innerhalb derselben annehmen. Hier findet auch das §. 312 über die Gränze der Verdampfung Gesagte Anwendung. — Die Atm. müßte, wenn sie scharf begränzt wäre, am Aequator höher als an den Polen seyn, und gleichsam aus zwey schiefen Flächen bestehen, die sich von den Polen gegen den Aequator erheben, und hier in einen Winkel vereinigen. — Gäbe es in der Erde einen 10 Meilen tiefen wasserfreyen Schacht, so würde sich die Luft darin durch ihr eigenes Gewicht so sehr verdichten, daß sie in einer Tiefe von 7 Meilen schon dichter als Wasser wäre, daß in einer Tiefe von 9 Meilen Zinn, und in einer Tiefe von 10 Meilen Gold darauf schwimmen würde. So ist Franklin's Ausspruch, dem zu Folge die Luft für den dichtesten Körper gilt, zu nehmen.

370. Da alle starren und tropfbaren Körper sp. schwerer als die atm. L. sind; so fallen sie darin zu Boden, und können sich nur in sehr fein vertheiltem Zustande, als Staub, vorzüglich in bewegter Luft, einige Zeit schwebend erhalten (§. 94*): die sogenannten Sonnenstäubchen (§. 92). Gasarten und Dämpfe verbreiten sich in der Atm. nach dem §. 90 aufgestellten Gesetze. Gasarten von geringerem sp. Gewichte als die atm. L. in feste, für sie undurchdringliche Hüllen eingeschlossen, steigen in der Atm. in die Höhe, wenn die Hülle sammt der eingeschlossenen Luft und allem Zugehör weniger als eine gleiche Ausdehnung von atm. Luft wiegt. Solche mit einer specifisch leichteren Luft gefüllte und in der Atm. aufsteigende Hüllen heißt man Aerostaten, auch ihrer Kugel- oder Ellipsoiden-Gestalt wegen Luftbälle oder Luftballons (§. 92). Es gibt zwey Mittel, die Luftbälle durch eine leichtere Luft anzuschwellen: a) Ausdehnen der darin enthaltenen atm. Luft durch Wärme: b) Füllen mit einer Gasart von größerer specifischer Elasticität (§. 189), wozu man das Wasserstoffgas verwendet, welches bey gleicher T. und unter gleichem Drucke 13 Mahl leichter als atm. Luft ist. Die Luftbälle, welche man durch Ausdehnen der in ihnen eingeschlossenen atm. Luft mittelst eines unter der abwärts gekehrten Mündung des Ballons genährten Stroh- oder Weingeistfeuers zum Steigen bringt, heißen Mongolfieren: sie sind wegen der durch häufige Unglücksfälle beurkundeten Feuergefährlichkeit aufgegeben worden. Die mit Wasserstoffgas gefüllten Luftbälle heißen Charlieren. Je mehr das Gewicht der von dem gefüllten Luftball verdrängten atm. L., jenes des Luftballs sammt seiner Belastung übersteigt, desto mehr Heb- oder Steigkraft hat der Aerostat. Das Steigen und Fallen des Ballons läßt sich bey Mongolfieren durch Verstärkung und Verminderung des Feuers, bey Charlieren jenes durch Auswerfen des als Ballast mitgenommenen Sandes, dieses durch Oeffnen der Klappe am obersten Theile des Ballons, woraus eine Portion der eingeschlossenen leichteren Luft entweicht, reguliren. Wäre die Hülle so äußerst elastisch, daß sie dem Drucke der eingeschlossenen Gasarten in dem Verhältnisse nachgeben könnte, wie der äußere Gegendruck sich vermindert: so wäre auch die Höhe bis zu welcher eine Charliere ansteigen könnte unbegränzt; denn so wie mit der Höhe die äußere Luft, wegen des abnehmenden Druckes von oben, immer spec. leichter wird, so widerfährt dasselbe auch der im Ballone

eingeschlossenen Luft, und das Verhältniß des spec. Gewichts der äußeren und inneren Luft, folglich auch die Hebkraft, bleiben in jeder Höhe dieselben. Allein da die Hülle nicht so elastisch ist, so widersetzt sie sich, wenn der Ballon in eine gewisse Höhe gelangt ist, der noch weiteren Ausdehnung der inneren Luft, der Ballon platzt endlich und fällt herab. Daher müssen Luftbälle, vorzüglich wenn Menschen darin aufsteigen sollen, an der Oberfläche der Erde nie ganz gefüllt werden, um der eingeschlossenen Luft Raum zum Ausdehnen in den höheren Regionen zu lassen. — In den Mangel irgend einer Methode, dem Luftballe, der von demselben Mittel gehoben, getragen und gelenkt wird, eine beliebige horizontale Richtung zu geben, bestehet die größte, ihre Brauchbarkeit außerordentlich beschränkende Unvollkommenheit derselben.

Die Gebrüder Montgolfier, Besitzer einer Papierfabrike zu Annonay in Frankreich, wurden durch ihre Versuche, künstliche Wolken zu machen, zu Erfindern der Luftbälle. Am 5. Junius 1783 ließen sie den ersten aus Leinwand verfertigten und mit Papier überzogenen Luftball von 35 P. Fuß im Durchmesser und 450 Pf. am Gewichte, und mit noch andern 400 Pfund belastet, zu einer großen Höhe steigen. Der Versuch wurde am 19. September desselben Jahres von Stephan Montgolfier zu Versailles mit einem Luftballon von 57 Fuß Höhe und 41 Fuß Weite, welcher durch Verbrennen von 85 Pfund Stroh und Wolle schnell aufgeschwellt wurde, mit glücklichem Erfolge wiederhohlt. — Die kleinsten Charlieren sind mit Wasserstoffgas gefüllte Seifenblasen, die Cavallo schon im Jahre 1781 steigen ließ. Den ersten Aerostaten aus gefirnißtem Tafft, von etwas mehr als 12 Fuß im Durchmesser, füllte der Professor Charles in Paris am 27. August 1783 mit Wasserstoffgas. Er erreichte eine Höhe von 2928 P. Fuß, und fiel nach 3/4 Stunden in einer Entfernung von 5 franz. Meil. zerplatzt herunter. Der kleinste Ballon von Tafft, den man zum Steigen bringen kann, muß über 3 Fuß im Durchmesser haben. Aus Goldschlägerhäutchen lassen sich Luftbälle verfertigen, die schon bey 6 Zoll im Durchmesser steigen; denn die dazu gebrauchten Goldschlägerhäutchen wiegen 36 Gr., das eingeschlossene Wasserstoffgas (226 Kubik-Zoll) wiegt, wenn es rein ist, nur 5 Gran, also der ganze Aerostat zusammen 41 Gran; dagegen wiegen die verdrängten 226 Kubik-Zoll atm. L. 67 Gran: folglich erhebt sich ein solcher Luftball mit einer Steigkraft von 26 Gr. Je größer ein Ballon wird, desto größer wird auch sein Inhalt im Vergleich zu seiner Oberfläche, desto mehr verschwindet also das Gewicht der Hülle gegen jenes des eingeschlossenen Gas. Ein Ballon von 20 Fuß im Durchmesser fasset 4190 Kubik-

Fuß Wasserstoffgas, und trägt außer sich selbst noch 300 Pf.; denn das eingeschlossene Wasserstoffgas wiegt 41 Pf.; die verdrängte atm. L. aber über 600 Pf.; es bleiben also, wenn man jene Last von 300 Pf. abrechnet, noch 259 Pf. für die Hülle und für die Hebkraft. Zur Erzeugung von Einem Kubikfuß Wasserstoffgas braucht man 12 Loth Eisen, eben so viel concentr. Schwefelsäure und 2 Pf. Wasser. Man darf aber ja nicht auf ganz reines, also 13 Mahl leichteres Gas rechnen; sondern es höchstens als 6 Mahl leichter wie atm. L. in Anschlag bringen. Pilatre de Rozier war der erste Aeronaute, der am 21. November 1783 zu Paris in einer Mongolfiere in die Höhe stieg. Nach mehreren Luftfahrten verunglückte er auf einer, die er von Calais nach England unternahm, indem sich seine Mongolfiere, über welcher noch eine Charliere befestigt war, hoch in der Luft entzündete, und er sammt seinem Begleiter todt auf die Erde herabstürzte. Die Schicksale des Märtyrers der Aeronautik, des Grafen Zambeccari, sind bekannt. Die erste Luftreise in einer Charliere machte Prof. Charles selbst mit seinem Gehülfen Robert am 1. Dec. 1783; Blanchard, Garnerin, Robertson, Biot und Gay-Lussac in Paris unternahmen eine Luftreise in einer Charliere zu wissenschaftlichen Zwecken; sie wurde von Gay-Lussac allein wiederhohlt, welcher zu der größten Höhe stieg, die je ein Mensch in der Atm. erreicht hat; nähmlich 3700 Kl. = 3600 Toisen über die Meeresfläche. Auch Sacharow in Petersburg hat eine solche wissenschaftliche Luftreise unternommen.

Höhenmessen mit dem Barometer (Hypsometrie).

371. Gleich nach Erfindung des Barometers durch Torricelli (1643) kam Pascal auf den Gedanken, daß es auf Bergen tiefer stehen müsse als auf Ebenen. Perrier machte den Versuch und fand, daß das Quecksilber im Barometer um 13,5 Linien fiel, wenn er damit von Clermont auf den 500 Toisen hohen Berg Puy de Dome stieg. Diese Erfahrung mußte ganz natürlich auf die Idee führen, das Barometer als ein Instrument zur Bestimmung von Berg- oder auch anderen Höhen zu gebrauchen. — Um einzusehen, wie man aus dem Barometerstande auf die Erhebung eines Ortes über den andern schließen, oder wie man eine Luftsäule mit dem Barometer abwägen und daraus ihre Höhe berechnen könne, erinnere man sich zuerst, daß (nach §. 367 und 369) nur der Theil der Atm. über dem Barometer auf der Quecksilbersäule desselben drückt, daß also ein um so größerer Theil die Atm. auf die Quecksilbersäule zu drücken aufhört, je höher man mit dem Barometer in der Atm. steigt. Dann nehme man fürs erste die mittelfeuchte eiskalte Luft allenthalben als gleich

dicht, und 10458 Mahl spec. leichter als Quecksilber an. Es ist einleuchtend, daß man, ehe das Quecksilber im Barometer um 1 Linie fällt, dasselbe dem Druck einer 10458 Linien dicken Luftschichte entzogen haben, also um so viel (= 72,6 W. F.) in der Atm. senkrecht empor gestiegen seyn muß. Steigt man mit dem Barometer von einem Orte, wo es auf 28 Zoll steht, an einen andern, wo es bis auf 26 Zoll fällt: so muß eine um 2 × 10458 Zoll kürzere Luftsäule oben auf das Quecksilber drücken, als unten, und man muß daher 20916 Zoll oder 1743 Fuß hoch gestiegen seyn. — Da aber die Luft in verschiedenen Höhen nicht gleich dicht, und daher das Verhältniß ihres spec. Gewichtes zu jenem des Quecksilbers veränderlich ist: so muß auch die Dicke der Luftschichte, welcher Einer Linie Quecksilberhöhe das Gleichgewicht hält, oder nach deren Zurücklegung das Barometer um 1 Linie fällt, veränderlich seyn; und da die atm. L. mit der Höhe immer dünner, also spec. leichter wird, so muß die Dicke der Luftschichte, welche Einer Linie Quecksilberhöhe das Gleichgewicht hält, mit der Höhe immer zunehmen. Oben (§. 369) ist gesagt worden, daß die atm. Luft in einer Höhe, wo das Barometer auf 20 Zoll steht, 15093 Mahl leichter als Quecksilber ist: folglich muß man hier 15093 Linien oder 105 Fuß senkrecht in die Höhe steigen, ehe das Barometer um Eine Linie fällt. Wenn man den Barometerstand in zwey Orten von verschiedener Höhe beobachtet hat, so muß man die **mittlere Dichtigkeit** der Luft zwischen den zwey Stationen kennen, und mit der Zahl, welche die Dichtigkeit (das sp. Gewicht) des Quecksilbers gegen diese mittlere Dichtigkeit der Luft ausdruckt, den Unterschied im Barometerstande multipliciren, um den senkrechten Abstand der zwey Stationen kennen zu lernen. Die mittlere Dichtigkeit der Luft zwischen den zwey Beobachtungsorten erfährt man auf die §. 369 angegebene Art.

Ist der **mittlere** Barometerstand an der höheren und niederen Station bekannt, so läßt sich aus diesem die Berechnung am zuverlässigsten machen: sonst muß man sie auf **gleichzeitige correspondirende** Barometer-Beobachtungen an beyden Stationen gründen. Der mittlere Barometerstand am Ufer des Meeres ist 28,895 W. Zoll; auf der Wiener Sternwarte 28,315 (beydes bey 0 R. des Quecksilbers im Barometer). Man findet den mittleren Barometerstand zwischen beyden Stationen, wenn man sie addiret und durch 2 dividiret (28,895 + 28,315) : 2 = 28,605. Nach dem §. 369 angegebenen Verfahren (10458 × 28,895) : 28,605, erhält man 1056¼ als die Zahl, welche das

sp. Gewicht des eiskalten Quecksilbers gegen eiskalte mittelfeuchte Luft als Einheit bey der genannten mittleren Barometerhöhe ausdruckt. Mit dieser Zahl multiplicire man den Unterschied der beyden Barometerstände (28,895 — 28,315 =) 0,58 × 10564, so erhält man 6127 W. Zoll = 85,17 W. Klaftern als die Höhe des Beobachtungsortes auf der Wiener Sternwarte über der Meeresfläche. Weil die Dichtigkeit oder Spannung der Luft mit dem Drucke, unter dem sie stehet, im geraden Verhältnisse zu oder abnimmt; so erhält man auch den Luftdruck auf einer oberen und unteren Station, wenn man die Dichtigkeit der Luft an beyden Stationen mittelst eines genauen Manometers oder Dasymeters bestimmt. Darauf gründet sich das Berechnen der Berghöhen aus Beobachtungen mit Prechtl's Manometer (§. 92). Wenn man in einer luftdicht geschlossenen Flasche Luft von genau bekannter T. von einem Berge mitbringet, unten mit dem Halse in Wasser getaucht öffnet, so wird Wasser eindringen, bis die eingeschlossene Luft mit der äußeren gleiche Dichtigkeit erlangt hat, und bey gleichgesetzten Temperaturen wird sich der Druck der Atm. an der oberen Station zu jenem an der unteren Station verhalten, wie das Volumen der in der Flasche mitgebrachten Luft an der unteren Station zu jenem an der oberen Station. Hat man z. B. auf dem Berge 100 K Zoll Luft von + 15° R. eingefüllt, sind aber diese beym Oeffnen der Flasche unter Wasser im Thale bey + 15° R., durch das eingedrungene Wasser auf 85 K. Zoll zusammengedrückt worden: so verhält sich der Luftdruck auf dem Berge zu jenem im Thale wie 85 : 100, ist also auf dem Berge um $^{15}/_{100} = {}^{3}/_{20}$ geringer.

372. Eine andere Methode, Höhen mittelst des Barometers zu messen, gründet sich auf das Gesetz, daß die Höhen in einem arithmetischen Verhältnisse zunehmen, während in einem geometrischen Verhältnisse der Druck der Luft abnimmt, oder das Barometer fällt. Die Zahlen, welche die Barometerstände, und jene, welche die entsprechenden Höhen ausdrucken, bilden also zwey Reihen, und zwar die ersteren eine abnehmende geometrische, die letzteren eine zunehmende arithmetische. Druckt man die Barometerstände an zwey Orten von verschiedenen Höhen mit Zahlen aus: so sind die Logarithmen dieser Zahlen die entsprechenden Glieder der arithmetischen Reihe. Wenn man die Differenz der Logarithmen mit einem beständigen Coefficienten multiplicirt, so erhält man die gesuchte Höhe in einem bestimmten Maße. — Den beständigen Coefficienten erhält man, wenn die Zahl, welche das sp. Gewicht des Quecksilbers gegen jenes der Luft als Einheit bey einem bestimmten Barometerstande bezeichnet, mit diesem Barometerstande multipliciret wird. Damit

man aber statt der natürlichen, die gemeinen oder Brigg'schen Logarithmen brauchen könne, muß man jenes Product noch mit dem Modulus des Brigg'schen Logarithmen-Systems = 2,3025851, multipliciren. Es ist leicht begreiflich, daß dieser beständige Coefficient für jeden Maßstab anders ausfallen muß. So ist er für Wiener Maß (da der Barometerstand an der Meeresfläche 28,895 Zoll = 0,40132 Klaft. ist) 10459 × 0,40132 × 2,3025851 = 9664 W. Klaftern. Für Pariser Toisenmaß ist diese beständige Zahl 9404 Toisen; für neufranzösisches Metermaß 18330 Meter. Es ist einleuchtend, daß man jederzeit den Coefficienten jenes Maßstabes brauchen muß, dessen man sich zur Bestimmung der Barometerhöhen bedienet hat.

Als Saussure die Höhe des Montblanc maß, stand das Barometer in Genf (in Senebier's Zimmer, 13 Toisen über dem See) 27,139 P. Zoll, auf der Spitze des Montblanc 16,108 P. Zoll (beyde Barometerstände auf 0 R. des Quecksilbers reducirt). Wie hoch ragt der Gipfel des Montblanc über dem Genfer-See empor? In den gewöhnlichen Logarithmen-Tafeln findet man den Logarithmus

von . . . . 27,139 = 4335938
von . . . . 16,018 = 2046083
folglich die Differenz 2289855

Das Product dieser Differenz mit der beständigen Zahl 9404, gibt 2153,4 Toisen als genäherte Höhe des Berges über Genf, also 2166,4 Toisen über den Genfer-See. — Wenn man die Höhe der Wiener Sternwarte über der Meeresfläche nach den im vorigen §. angegebenen Elementen durch Logarithmen bestimmen will, so findet man

den Logarithmus von . . . . 28,895 = 1,4608227
von . . . . 28,316 = 1,4520166
Differenz 0,0088061
9664
Product mit der beständigen Zahl für W. Klaftern . 85,1021504
Also 85 Klaftern, wie nach der vorigen Methode.

373. Um das Höhenbestimmen aus Barometerbeobachtungen zu erleichtern, und das Rechnen abzukürzen, hat man mancherley Hülfstafeln verfertigt, wovon die von Englefield die einfachste, und doch zur Bestimmung gewöhnlicher Berghöhen hinlänglich genau ist. Sie folgt hier von Triesnecker auf Wiener Maß übertragen, und gibt für jede Höhe den Werth von 0,1 Zoll in W. Fuß an.

W. Zoll.		W. Fuß.	W. Zoll.		W. Fuß.	W. Zoll.		W. Fuß.	W. Zoll.		W. Fuß.
19,340	»	130	21,472	»	117	24,157	»	104	27,628	»	91
19,486	»	129	21,657	»	116	24,397	»	103	27,927	»	90
19,633	»	128	21,845	»	115	24,639	»	102	28,234	»	89
19,784	»	127	22,035	»	114	24,883	»	101	28,554	»	88
19,938	»	126	22,228	»	113	25,128	»	100	28,884	»	87
20,096	»	125	22,425	»	112	25,383	»	99	29,227	»	86
20,256	»	124	22,625	»	111	25,644	»	98	29,564	»	85
20,420	»	123	22,827	»	110	25,911	»	97	29,903	»	84
20,588	»	122	23,039	»	109	26,189	»	96	30,258	»	83
20,759	»	121	23,256	»	108	26,468	»	95	30,628	»	82
20,933	»	120	23,476	»	107	26,749	»	94	31,012	»	81
21,110	»	119	23,701	»	106	27,038	»	93			
21,290	»	118	23,930	»	105	27,331	»	92			

Will man sich dieser Tabelle bedienen, so nimmt man zuerst das Mittel aus beyden beobachteten Barometerhöhen, indem man sie addiret und die Summe halbiret. Dann suchet man auch die Differenz der beyden Barometerhöhen in 1/10 Zollen, indem man die kleinere von der größeren abzieht. Nun findet man in der Tabelle die zu jener mittleren Höhe gehörige Zahl in Fußen. Mit dieser Zahl multiplicire man die gefundene Differenz in 1/10 Zollen; so gibt das Product die gesuchte Höhe in W. F. Wenn die gefundene mittlere Barometerhöhe in der Tabelle nicht vorkommt, so nehme man die Fußzahl von jener, die ihr am nächsten kommt, oder, wenn man noch genauer seyn will, berechne man sie aus dieser durch eine einfache Regel de Tri.

Es soll mittelst dieser Tabelle die Höhe des Beobachtungszimmers auf der Wiener Sternwarte über der Meeresfläche gefunden werden:

Mittlerer Barometerstand an der Meeresfläche .	28,895
» » » auf der Sternwarte .	28,315
Differenz in 1/10 Zollen	5,80
Summe	57,210
Mit 2 dividirt	28,605 als

mittlere Barometerhöhe zwischen beyden Stationen. Diese Zahl findet sich unter den mittleren Barometerständen der Tabelle nicht; am meisten nähert sich ihr aber die darin befindliche Barometerhöhe von 28″,554, welcher die Zahl 88 Fuß entspricht. Wenn die Differenz 5.8 mit 88 multiplicirt wird, so erhält man 510 Fuß als die gesuchte Höhe. 510 F. sind gleich 85 Klaftern, also der nach den vorigen zwey Methoden gefundenen Höhe des Observatoriums in Wien über der

Meeresfläche. Will man noch genauer seyn, so findet man durch den Regel de Tri-Satz: 28,554 : 28,605 = 88 : 88,16 als die der mittleren Barometerhöhe 28,605 genau entsprechende Zahl in Fußen, und dann als Resultat 511,3 Fuß, welches von dem vorigen nur um etwas mehr als Einen Fuß verschieden ist. — Hr. Zumstein sah am 11. August 1819 auf einem der Gipfel des Mont-Rose sein Heber-Barometer durch 3 Stunden auf 17,3 (auf 0 R. des Quecksilbers reduciret) W. Z. stehen. Wie hoch ragte dieses Horn über die Meeresfläche empor? (28,895 + 17,3) : 2 = 23,097. Dann 28,895 — 17,3 = 11,595. Endlich 115,95 × 109 = 12639 W. F. = 2106,5 W. Klaft.

374. Eine Hauptbedingung zur Genauigkeit der Höhenmessungen mit dem Barometer ist die Richtigkeit und Beständigkeit des einmahl angenommenen Verhältnisses des spec. Gewichtes zwischen Luft und Quecksilber. So bald dieses Verhältniß unrichtig oder durch Nebeneinflüsse verändert wird, so erhält man auch fehlerhafte Resultate. Das oben angegebene Verhältniß des spec. Gewichtes des Quecksilbers gegen jenes der Luft: 10447 : 1 gilt nur genau unter den dort angeführten Bedingungen von ganz reinem, eiskaltem Quecksilber gegen vollkommen trockene, eiskalte Luft, und das Verhältniß 10458 nur von reinem, eiskaltem Quecksilber gegen mittelfeuchte, eiskalte Luft. Das Barometer muß demnach mit ganz reinem Quecksilber gefüllt, gut ausgekocht seyn, und die jedesmahlige Barometerhöhe muß auf 0 R. des Quecksilbers reducirt werden. Da ferner dieser Ursache wegen die oben angegebenen Formeln nur für eiskalte Luft gelten können, die Luft sich aber durch Erwärmung beträchtlich ausdehnet, also leichter wird; so muß eine höhere Schichte von warmer (leichterer) als von kalter (specifisch schwererer) Luft erfordert werden, um durch ihr Hinzu- oder Wegkommen eine gleiche Veränderung im Barometerstande hervor zu bringen. Wenn daher die T. der Luft bey Höhenmessungen mit dem Barometer nicht genau 0 R. ist, so macht sie eine einige Correction nothwendig. Deßwegen muß man bey jeder Barometerbeobachtung die T. der Luft mit eigenen, vom Barometer getrennten (detachirten) Thermometern mit allen oben empfohlenen Vorsichtsmaßregeln (vorzüglich gegen Local-Erwärmungen) nehmen. — Die Luft dehnt sich für jeden Reaumur'schen Grad um 0,0047 ihres Volumens aus (§. 290); folglich sollte man die nach den obigen Formeln gefundene (genäherte) Höhe für jeden Grad R. über 0 um ihren 0,0047 Theil vermehren, und für jeden R. Grad der Luft unter 0 um eben

so viel vermindern. Da aber die Luft nie ganz trocken ist, und durch die enthaltene Feuchtigkeit bey Erhöhung der T. in einem etwas größeren Verhältnisse leichter wird, so multipliciret man die gefundene genäherte Höhe gewöhnlich so oft Mahl mit 0,005, als die mittl. T. der zwischen den zwey Stationen befindlichen Luftschichte R. Grade über 0 beträgt, und addiret das gefundene Product zur genäherten Höhe. Die mittlere Temperatur dieser Luftschichte findet man, wenn man die Temperaturs grade der Luft an der unteren und oberen Station addiret (wenn beyde über oder beyde unter Null sind, sonst muß man die kleinere Zahl von der größeren abziehen) und mit 2 dividirt. Zeigt die mittlere T. Grade unter 0 R., so muß der gefundene Werth von der genäherten Höhe abgezogen werden.

Bey den oben (§. 327*) angeführten Saussure'schen Beobachtungen betrug die T. der Luft in Genf + 22,6 R., auf dem Montblanc — 2°,3 R. Die mittlere T. war folglich (22,6 — 2,3 : 2 = + 10,15° R., welche eine additive Correction von 10,15 × 0,005 = 0,05075 der genäherten Höhe von 2153,4 Toisen nothwendig macht. 2153,4 × 0,05075 = 109,3. Diese 109 Toisen müssen also zur genäherten Höhe von 2153,4 Tois. zugezählt werden; so erhält man 2262,7 Tois. als die wahre Höhe des Montblanc über den Beobachtungsort in Genf. Das Barometer in Genf hing 13 Toisen über dem Spiegel des Sees: folglich liegt der Gipfel des Montblanc 2275,7 Tois. über der Oberfläche des Genfer-Sees. Tralles fand durch genaue trigonometrische Bestimmungen die Höhe des Montblanc über den Genfer-See 2276,5 Tois.; folglich beträgt bey einem so hohen Berge die Differenz zwischen beyden Bestimmungs-Methoden nicht ganz Eine Toise. Der Genfer-See liegt 192 Tois. über der Meeresfläche: folglich ragt der Gipfel des Montblanc 2454 Tois. über die Meeresfläche empor. — Da nach 20jährigen Beobachtungen auf der Wiener Sternwarte das Mittel des Thermometerstandes in der freyen Luft + 8°,56 R. ist, so findet man nach dieser Methode die Corretion wegen der Wärme der Luft für die genäherte Höhe von 85,2 W. Klaftern des Wiener Observatoriums über die Meeresfläche = 3,6 Klaftern, also die wahre Höhe 88,8 Klaft. (= 86,4 Toisen). Da dieses Observatorium über die Donaufläche bey mittlerem Wasserstande (4 Fuß über Null am Mittelpfeiler der Franzensbrücke) 16,946 W. Klaftern erhaben ist: so hat die Donau von jenem Brückenpfeiler bis ins schwarze Meer einen Fall von 71,654 W. Klaftern. Das Barometer auf der Sternwarte hängt 11 Klaftern über dem Stadtpflaster vor der St. Stephanskirche; folglich liegt dieses Pflaster 78 Klaftern über der Meeresfläche. — Während Zumstein's Barometerbeobachtung auf dem Mont-Rose stand das Thermometer in der freyen Luft auf + 8 ½° R.; es dürfte also da-

mahls an der Fläche des mittelländischen Meeres wohl auf $+ 24^0$ R. gestanden seyn. Das Mittel davon gibt $+ 16^0,25$ R. $16,25 \times 0,005 = 0,08125 \times 2106,5 = 171,2 + 2106,5 = 2277,7$ W. Klaft. als wahre Höhe von Zumsteins Beobachtungsorte auf dem Mont-Rose über der Meeresfläche.

Man hat in die Formel zur Berechnung der Höhen aus Barometerbeobachtungen noch andere Correctionen gebracht, z. B. die wegen Abnahme der Schwere bey der Zunahme der Entfernungen von dem Mittelpuncte der Erde, welches nicht nur bey dem Steigen auf Berge, Thürme, bey dem Erheben in Luftbällen, sondern auch bey dem Näherrücken von den Polen gegen den Aequator (§. 44) Statt findet. Diese Correctionen betragen bey Bestimmung gewöhnlicher Höhen nicht viel. (Man sehe darüber: De La Place Messung der Höhen mittelst des Barometers, in Gilb. Ann. 26, 452, und in dem *Traité de mécanique celèste*. Paris 1805). Mit Beobachtung aller dieser Vorsichten hat man es in Höhenbestimmungen mittelst des Barometers bis zu einer bewundernswürdigen Genauigkeit und Uebereinstimmung mit den trigonometrischen Messungen gebracht. Einen Umstand war man jedoch bis jetzt noch nicht im Stande in die Formel aufzunehmen, und zwar die Veränderungen in dem spec. Gewichte der Luft bey verschiedenen Temperaturen nach dem verschiedenen Grade ihrer Feuchtigkeit (Anderson in Baumgartner's Zeitschrift 1, 55. Benzenberg's Beschreib. eines einfachen Reise-Barometers; nebst einer Anleitung zur leichteren Berechnung der Berghöhen. Düsseldorf. — G. Winkler's Beschreibung eines Reise-Barometers, nebst pract. Anleitung zum Gebrauche desselben u. s. w. Wien 1821. — W. Hisinger's Reise-Barometer. Gilb. A. 83, 33. — Nixon in Baumgartner's Zeitschrift 1, 55. — M. Weiß, Tafeln zur Berechnung der Höhenunterschiede nach Barometer- und Thermometer-Beobachtungen. Wien 1831).

Höhen einiger bekannten Berge über der Meeresfläche.

		W. Klft.	Toisen.
Dhawalagiri o. Ghasu Coti .	Spitzen des Himalaya zwischen Ostindien und Thibet.	4501	4380
Swelagar oder Nepal		4060	3951
Unbenannter Pic		3874	3770
Chondragiri .		3090	3007
Chimborazo in Quito .		3443	3350
Antisana		3076	2993
Eliasberg		2898	2821
Vulkan Popokatepetl . .		2840	2764

		W. Klft.	Toisen.
Merino Roa .	Sandwichs-Inseln.	2551	2482
Mowna Roa .		2694	2578
Merino Kaah .		2240	2180
Montblanc (Savoyen)		2512	2444
Mont-Rose		2496	2429
Elbrus . .	im Kaukasus	2644	2570
Kasbeck . . .		2466	2400
Egmont in Neuseeland .		2461	2395
Finsterahorn	Schweiz	2300	2238
Jungfrau .		2205	2146
Atlas in Marokko . . .		2261	2200

	W. Klft.	Toisen.
Pic auf Teneriffa . . .	1956	1904
Cerro de Mulhacen . . . } in Spanien	1912	1862
Picacho de Veleta . . . } in Spanien	1867	1818
Mont Cenis	1894	1843
Pic d'Anethou, Malahita, öst. Spitze von Maladetta	1854	1804
Mont Perdu (Pyren.)	1812	1763
Grindlwald Scheideck .	1033	1007
Aetna	1752	1705
Ararat	2912	2833
Tumel Mezereb (Spitze des Libanon	1532	1491
Budosch (Siebenbürg.)	1541	1500
Lomnitzer Spitze } Karpathen	1424	1386
Krywan . . . . } Karpathen .	1256	1222
Käsmarker Spitze . . .	1366	1330
St. Bernhard (Kloster)	1310	1275
Sinai	1233	1200
Imaus	4012	3904
Monte Vellino (Appen.)	1263	1228
Quelle des Nils	1697	1652
„ „ des Ganges . . .	2079	2023
Blaue Berge (Jamaika)	1169	1138
St. Gotthard (Kloster) .	1140	1109
Beerenb. a. Jan Mayen	1107	1075
Hochplatt in Bayern . .	1093	1062
Pawdinskoe Kamen (Ural)	1090	1061
Olymp (Griechenland) .	1048	1020
Mont d'Or	1078	1048
Schwarzwald (Böhmische Gränze)	1007	980
Itacolumi (Brasilien) .	976	950
Rigi	946	921
Sierra d'Estre (Portug.)	896	872
Wenside (Yorkshire) . .	858	835
Hussoko (Mähren) . . .	856	833
Riesenkoppe (Schlesien)	853	830
Fichtelberg	639	622
Der Brocken	625	608
Tafelberg (C. d. gut. H.)	613	597
Ophyr (Sumatra) . . .	2224	2163
Vesuv (im Jahre 1822) .	647	629
Shehallien (Schottl.) .	548	533
Hekla (Island)	822	800
Monte Santo (Athos) .	532	518
Monte Radicoso	465	453
Diana Penk (Helena)	435	422
Königsee (Bayern) . . .	356	346
Zobtenberg	397	386
Monte Nuovo (Neapel)	342	333
Paß üb. das Stilfer Joch	1484	1444
Paß Mont Cenis . . .	1089	1060
Paß Simplon	1057	1029
Paß Splügen	1095	1066
Paß Radstädt. Tauern .	870	847
Paß Brenner	755	728
Paß Loibel	685	667
Paß Semmering . . .	539	525
Aleguany-Gebirge (N. Amerika)	524	510
Waitshill detto . . .	1254	1220
Washington detto . . .	1606	1563

Der Niagara-Fall ist 140, der Orinoko-Fall bey Maipures 30 P. Fuß über den unteren Wasserspiegel hoch. Chimborazo heißt der Schnee von (dem Districte, worin der Berg liegt) Chimbo. Wenn man den öst. Schneeberg auf die Spitze des Chimborazo setzet, so erhält man die Höhe des Dhawalagiri. Humboldt hält es nicht für ganz unwahrscheinlich, daß man einst zwischen dem Hymalaya- und Altai-Gebirge Berge entdecken wird, die an Höhe den Dhawalagiri eben so übertreffen, wie dieser den Chimborazo. — Die Päße aus Hindostan in das westliche Thibet über das Hymalaya-Gebirge gehen über Höhen von 2400 bis 2700 Klaft. Der Paß Assuay über die Andeskette ist 2500 Klft. hoch. Nach Pentland (Gilb. A. 89, 518) ist nicht mehr der Chimborazo der höchste Berg der amerikanischen Andes, sondern der Nevado von Sorata mit 3941 Toisen, und der Illimani mit 3785 Toisen übertreffen denselben an Höhe.

	W. Klft.	Toisen.
Pampa marca (Quito) .	2170	2112
Micuipampa (Peru) . .	1910	1859
Quito	1532	1491
Santa Fe di Bogota .	1401	1363
Mexico	1200	1168
Simplon (Dorf)	782	760
Eibebrunn	749	729
Ala (in Tyrol)	540	520
Caraccas	427	410
Böckstein (Salzburg) .	578	564
Bad=Gastein	499	477
Finstermünz (in Tyrol) .	481	468
Hof-Gastein	453	440
Imst (in Tyrol)	435	423
Dorf Gosau	373	363
Schemnitz	372	362
Markt Außsee (n. Bürg)	357	347
Telfs (Tyrol)	341	332
Goldenstein (Mähren) .	333	324
Brixen	326	317
Madrit	320	311
Marienbad	319	310
Bern	308	300
Berchtesgaden	285	277
Moskau	277	270
Hallstadt (See)	272	256
München	269	261
Hohenelbe	255	248
Idria und Ischl	248	241
Gibraltar (Felsen) . . .	239	233
Eger, Golling und Klagenfurt	237	231
Lustenau (Vorarlberg) .	211	205
St. Johann Höchst am Rhein	232	226
Spiegel des Bodensees	205	200
Carlsbad	202	196
Budweis	197	192
Freyberg (in Sachsen) .	196	191
Genf (See)	197	192
Arau	190	185
Botzen	187	182
Trient	129	124
Verona	27	26
Padua	9,3	9
Waidhofen an der Ybs .	185	180
Straßburg	184	179
Optschina (Dorf) . . .	178	173

	W. Klft.	Toisen.
Innsbruck	303	295
Salzburg	238	232
Hallein	249	242
Radstadt	349	340
Donau-Eschingen . . .	344	335
Ulm	195	190
Regensburg	166	162
Passau	135	131
Linz	118	115
Wien (Donauspiegel) .	72	70
Preßburg	53	52
Raab	44	43
Pesth	37	36
Moskau	158	154
Basel	154	150
» Rheinspiegel . . .	114	111
Glatz	145	141
Stuttgart	132	128
Turin	121	118
Krakau	114	111
Würzburg	112	109
Weimar	111	108
Neisse	102	99
Halle	99	96
Prag	94	91
Kosel	87	85
Cassel	82	80
Gießen	75	73
Göttingen	71	69
Mailand	72	70
Breslau	68	66
Bologna	64	62
Leutmeritz	61	59
Leipzig	54	53
Heidelberg	53	52
Dresden und Brüssel .	47	46
Florenz	44	43
Frankfurt a. M.	39	38
Paris (Observatorium 1ster Stock)	38	37
Rhein bey Mainz . . .	35	34
Hannover	35	34
Magdeburg	35	34
Bonn	33	32
Rom (Capitol)	24	23
Berlin und Cöln . . .	22	21
Frankfurt an der Oder .	19,5	19
Petersburg	18,5	18

Der Moskwaspiegel bey Moskau liegt nach Abbe Chappe 269, nach Humboldt's verläßlicher Angabe dagegen nur 76 Tois., der Wolgaspiegel bey Kasan nur 45 T., die Quellen der Wolga 140 T. über dem Ocean.

Folgende trigonometrisch bestimmte Höhen in W. Klaftern sind aus einer großen Arbeit des k. k. General-Quartiermeisterstabes gezogen, welche die geodätische Nivellirung der ganzen Monarchie zum Zwecke hat. Der erste, vom k. k. Generale Fallon, herausgegebene Band in Quarto enthält, nebst den Höhenbestimmungen in Tyrol, auch jene von Istrien und auf den Inseln des Quarnero mit zwey Uebersichts-Karten. Da der Herausgeber gestorben ist, so macht Hr. Professor Baumgartner mit höchster Genehmigung die Höhenbestimmungen der übrigen Provinzen aus den Protokollen der General-Direction der k. k. Catastral-Landesvermessung in dem 10. Bande der Zeitschrift für Physik und Mathematik bekannt. Die Himmelsgegenden sind mit n. ö. s. w. bezeichnet, b. heißt bey, v. von, b. am Ende eines Wortes berg, k. kogel, kofel oder kopf, h. horn, j. joch, sp. spitz, st. stein.

1. In Tyrol und Vorarlberg.

	W. Klft.		W. Klft.
Birkenk. sw v Stambs . . .	1488	Hochstraßen ön. v. Bludenz .	1040
Bondon sw. v. Trient	1148	Hochvogel s. v. Geish.	1361
Canisfluhe nw. v. Au	1076	Hohe Alpele nö. v. Hohenems	771
Cima dodici s. v. Borgo di Valsugana	1231	Hohefürst ö. vom Ursprung d. Oez	1792
Corno del Frerone n. v. Caren	1409	Isingersp. nö. v. Meran . . .	1343
Danzewelle am Urspr. d. Etsch	1637	Juifenb w. im Achthale . . .	1040
Fellh. nö. v. Erbsendorf . . .	923	Kaiserj. zwischen dem Inn- u. Kaunerthale	1639
Feuerstädterb. ö. v. Sieferts-gföll	866	Kalisb. nö. von Trient	576
Frastenzersand s. v Feldkirch .	858	Kaltenb. am Stanzer-Thal . .	1526
Fundelk. sö. v. Bludenz . . .	1263	Klein-Sollst. nw. v. Innsbruck	1366
Gantk. w. v. Botzen	981	Königswand sö. vom Orteler .	2033
Gazza w. n. v. Lawis	1098	Kothbachsp. n. v. Telfs	1354
Geish. b. Tanheim	1182	Kumen nw. v. Feldkirch . . .	349
Gilfertsb. s. v. Schwatz . . .	1318	Labachsp. sö. v. Schröfwand .	1628
Gimpelb. ö. v. Metzenars . .	1177	Lagorei s. v. Tesero	1377
Glockthurm s. v. Kaiserj. . .	1763	Mittagssp. w. v. Canisfluhe .	1102
Glungeser s. v. Hall	1407	Monte Baldo	1158
Gr. Rettenst. an der Salzburger Gränze	1159	Monte Caren	1030
Gurtissp. ö. vom vorigen . .	935	Muttenj. am Urspr. der Sill .	1307
Hatscheroe-Wand nö. v. Orteler	1674	Müttek. nw. v. Imst	1459
H. Kreutzsp. sö. v. Sterzing	1325	Ortelerspitz	2059
Hienerspil nö. v. Sterzing .	1428	Padaunerk. sö. v. Gries . . .	1087
Hinter-Sonnenwendj. w. v. Kuefstein	1040	Pasubio od. Cima-Covel-Alto, sö. v. Roveredo	1180
Hirschfeng n. vom Plansee . .	1001	Patscherk. ö v. Patsch	1183
Hocheder s. v. Telfs	1471	Pfender b. Bregenz	559
Hochgerach oder Alpilla ö. v. Feldkirch	1032	Pflimsp. w. v. Spitznerj. . .	1637
Hochsalven nö. v. Rattenb. . .	609	Pitzlat sw. v. Glockenthurn . .	1472
		Pizzog w. v. Mies in Italien	1151

	W. Klft.		W. Klft.
Plose ö. v. Brixen	1316	Stansk. nw. v. Fliersch	1450
Reichesp. s. v. Gerlos	1557	Stilferj. s. v. Sterzing	1272
Remsp. ö. v. Glurns	1687	Trefauer Kaiserb. n. v. Elmau	1220
Roen nw. v. Tramin	1112	Vernumsp. oder Venneg, s. v. Pitzlat, nw. v. Glurns	1483
Rothewand ö. v. Bludenz	1422	Vilanders ö. v. Klausen	1321
Saileb. sw. v. Innsbruck	1265	Waitzfeld-Ferner sö. v. Reichesp.	1744
Scanupia osts. v. Trient	1124	Waldrastersp. os. vom Saileberg	1429
Schafb. am Urspr. des Lechs	1410	Waneck am Ursprung d. Loysach	1311
Schlernb. ö. v. Botzen	1349	Wiederspergerh. on. v Schwatz	1118
Schleyerb. nw. v. Sterzing	1164	Wiederst. am Urspr. der Iller	1334
Schröfwand im Schnalzerthale s. v. Semilaun	1521	Wildegradk. am linken Oetz-Ufer	1564
Schwarzh. an der s. Gränze	1295	Wildsp. ö. v. Glockenthurn	1985
Schweinferj. nö. v. Danzevelle	1973	Winterstaude nö. v. Bezau	986
Similaun ö. v. Danzevelle	1904	Wörzelsp. w. v. Mittagsspitz	962
Spianj. oder Pleißk. am Parnauerthale	1545	Zangenb. n. v. Tesero	1312
Spitznerj. im Ullenthale nw. vom Gantkofel	1273	Zunderk. nw. v. Hall	1033
Spitzst. nö. v. Kuefstein	836		
Sonnj. wn. v. Schwatz	1293		

2. In Kärnthen.

K. bedeutet den Klagenfurter, V. den Villacher Kreis, Kirchth. Kirchthurn.

	W. Klft.		W. Klft.
Altofen Markt K.	374	Geiselk. nö. v. J. Fragant	1565
St. Andre K.	476	Gensk. sw. v. Liesing V.	1115
St. Andre Thurn Loretto K.	240	Gerlitzer Alpe nö. v. Treffen	1005
Berg V.	376	Geyersbühl w. v. Winklern	1001
Col de Diabolo sw. v. Nölbling V.	1157	St. Georg (Kirchth.) K.	337
St. Daniel V.	372	St. Georg V.	379
St. Daniel (Herrsch. Kollmitz)	512	Glantschach w. v. Eberndorf K.	372
Dornbacher Alpe V.	1270	Goaschnick ö. v. Mörtschach V.	1147
Eck, böses n. v A. Fragant V.	1494	Goldb. nw. v. J Fragant	1550
Eckerwiesen nw. v. Döllach	1193	Golz bey Kreutzen V.	1055
Egelnock nö. v. O. Vellach	1114	Gradlitzen nö. v. Ferlach V.	1075
Feistritz V.	283	Griedelk. s. v. Stall V.	1366
Feldberger Alpe V.	1053	Gröstenb. ö. v. Obedach	1124
Findelkahr nw. v. Malta V.	1273	Großglockner nw. v. Heiligenblut	1999
Firnitz V.	261	Hafnernsp. n. v. Malta	1614
Fornat V.	548	Heiligenblut Calvarienberg	751
Forstalpe nw. v. Wolfsberg	1066	Hermagor (Kirchth.) V.	319
Fresach (Kirchth.) V.	387	Hochalpensp. nw. v. Malta	1377
Friesach (Kirchth.) K.	333	Hochtrischten ö. v. Drasnitz	1334
Gameritz n. v. Krems V.	1154	Hochwipfl w. v. Rattendorf	1151
Gamskahrsp. n. v. d. Malnitz	1491	Hühnerb. n. v. Lehndorf V.	1364
Gartnerk. nö. v. Pontafel	1155	St. Jacob (Kirchth.) V.	504

	W. Klft.
Jaukenb. nö. v. Döllach . . .	1184
St. Joseph s. v. St Paul K.	368
Kam (Kirchth.) K.	624
Kampeleck n. v. Kollmitz B. .	1327
Karlock sö. v. Krems B. . . .	1229
Karöck ö. v. Nicolai B. . . .	1168
Kienb. od. Kirchbergeralpe nw. v. Wolfsberg	1076
Kirbisch ö. v. Stadel	1128
Kirchbacher Wipfel. B. . . .	988
Klenitzen w. v. A. Fragant .	1285
Klumok n. v. St. Oswald B. .	1226
Knoten nw. v. Berg B. . . .	1164
Königsb. n. v. Raibl	1008
Kötschach (Kirchth.) B. . . .	383
Kok nö. v. Ukowitz B.	1022
Kolmitzen nw. v. Stall B. .	1339
Kreutzeck n. v. Greifenberg B	1422
Kreutzk. s. v. Heiligenblut . .	1312
Lainach (Dorf) B.	454
Laisachersp. n. v. Lungau B. .	1416
Lasarnsp. w. v. Naplach B. .	1221
Latschur w. v. Staffberg B. .	1176
Lenkensp. sw. v. Sachsenburg	1202
St. Leonhard (Stadt, Krth.) K.	384
Lieskehlessp. n. v. Malnitz . .	1267
Lipnick s. v. Leopoldkirch . . .	1026
Lisna (Krth.) sw. v. Ruden K.	336
St. Magdalena und St. Margarethen K.	555
Marekahrsp. nw. v. Malta . .	1486
Mareinboden ö. v. Marein K.	230
Martelnok od. Eckeralpe B. .	1052
Mauten (Kirchth.) B.	379
Minsfeldeck w. v. St. Peter B	1399
Mirok w. v. Wiesen B. . . .	1110
Mittagsk. s. v. Malborget . ,	1099
Mittagsp. sw. v. A. Fragant .	1282
Monteparalba s. v. Luggau B.	1416
Moschlitzen nw. v. Witweg . .	1216
Mühlstädteralpe	1100
Obir w. v. Kappel K.	1125
Ochsenock nw. v. Altersberg .	1042
Osternik sw. v. Vorderberg B.	1069
St. Oswald (Kirchth.) B. .	509
St. Paul B.	336
St. Paul K.	211
Petzeck nw. v. Mörtschach B. .	1727
Petzen s. v. Bleyburg K. . .	1113
Pfannock n. v. Kaning B. .	1185

	W. Klft.
Piegen oder Creta di ombladetto B.	1234
Plenge oder Remondek. sw. v. Jakob	1248
Polinik sw. v. Oberwellach .	1466
Pollinig s. v. Mauten B. . .	1226
Poludnig s. v. Mitterberg B.	1052
Pridroef ö. v. Mühlst. Alpe B.	1031
Prisenb. ö. v. Leoben	1247
Rauteralpe n. v. Brieg B. . .	1029
Reißeck n. v. Kollmitz B. . . .	1561
Reißkofel n. v. Reisach B. . .	1245
Rensfeld nö. v. O. Drasnitz .	1272
Riegenkopf n. v. Liesing . . .	1250
Rinsen nw. v. Reichenau B. .	1227
Roseneck ö. v. Gmünd B. . .	1283
Sadnitz nö. v. Mörtschach B.	1445
Säulek nö. v. O. Bellach . .	1624
Salzkofel sw. v. Kollmitz . . .	1315
Sandkopf ö. v. Heiligenblut .	1627
Sattelnok w. v. Weißpriach B.	1071
Saualpe s. v. Wolfsberg B. .	1093
Schaffb. nw. v. Stockenwoy .	1169
Schareck nö. v. Heiligenblut .	1160
Scharnick nö. v. Irschen . . .	1398
Schatzbüchl sw. v. Drauburg .	1101
Schinouz n. v. Lusnitz B. . .	1051
Schirneck n. v. Gmünd B. . .	1098
Schmaßk. od. Nickelsdorferalpe	1215
Schoberriegl s. v. Ferrach . .	1164
Schobersp. n. v. Mühldorf .	1353
Schwarnbrunnerriegel K. . .	1118
Schwarzwandh. nö. v. Kremsberg	1166
Schwert w. v. Heiligenblut .	1630
Seichenk. sw. v. Winklern . .	1537
Setitsche n. v. Zell K.	1011
Sickerköpfl n. v. O. Bellach .	1350
Sonnblick n. v. Malta . . .	1595
Sonnst. sw. v. Lorenzen . . .	1204
Stanziwurdi n. v. Döllach . .	1426
Stawiepfl ö. v. Greifenburg .	1323
Stehleck sö. v. Eisentratten .	1146
Steinwand im O. Gailthale .	1325
Steinwandeck oder Koreck B. .	1307
Steinwandkahr B.	1517
Stellkopf w. v. I. Fragant . .	1501
Strakopf nö. v. Mörtschach .	1371
Strieden s. v. Fragant	1410
Stubek nw. v. Maltein . . .	1175

	W. Klft.		W. Klft.
Stürmerk. nö. v. Reichenfels.	1135	Wildhorn s. v. Lainach V. .	1317
Thörlk. n. v. St. Lorenz V. .	1290	Wischh. w. v. Raibl	1404
Torer n. v. St. Lorenz	1193	Wölanerruck nö. v. Afritz . .	1128
Unholde oder Hochstadlh. V. .	1410	Wolfsberg Schloß Hartneidst.	289
Völkermark (Kirchth.)	265	Ziethenk. nö. v. Nickelsdorf .	1307
Wasserokkopf nw. v. Heiligbl.	1595	Zollnerhöhe s. v. Nölbling . .	1015

3. In Krain.

A. bedeutet den Adelsberger, G. den Görzer, L. den Laibacher, N. den Neustädter, T. den Triester Kreis.

	W. Klft.		W. Klft.
Adelsberg (Schloßberg) . . .	355	Na Vertazkem Vreli sw. von Moistrana L.	998
Belschitza nw. von Scherounitz L.	947	Na Vrech (Swel Duch) N. .	337
Bgunscza oder Bgunschitza L.	1084	St. Nicolai L.	395
Blegautsch bey Lescouza L. .	821	St. Oswald Bergkirche s. von Laak L.	450
Bresnitz Kirche von Scherounitz L.	290	St. Peter Bergkirche n. von Vigaun L.	439
Castensberg nö. v. Weißenfels	710	St. Peter Bergkirche nö. vom Dorfe St. Peter N.	468
Cobilnaglawa oder Jallunk ö. von Tolmein	776	Plagnenabrdi n. v. Solscha G.	1035
Czernipcst oder Czerna Gora s. von Feistritz L.	971	Planina Kuppe bey Kanker L.	479
Draß Veli n. v. Szednavas L.	1180	Planina sw. v. Idria	477
St. Georgen L.	211	Prämald w. v. St. Barthol. N.	116
Görz (Schloß)	90	Preloka N.	173
Heiligenkreutz Kirchthurn N. .	312	Prinskau Bergkirche N. . . .	319
Heiligengeist (Kirche) N. . . .	250	Prschiuz Vrch nw. von Althammer L.	927
Hradische bey Sella G. . . .	1034	Radmansdorf (Stadt) L. . .	260
Javornik sö. von Adelsberg A.	668	Rasur ö. v. Trinta G.	1370
Kaniauz bey Trenta G. . . .	1352	Rogitza sw. v. Längenfeld L. .	1350
Kepa nö. v. Langenfeld L. . .	1127	Rombon (Velki Vrch) nö. v. Flitsch G.	1163
Korena Kirchthurn St. Damian L.	378	Schneekopf s. v. Kasarsche A.	946
Koschuta nw. v. St. Anna L.	1103	Sredniwas L.	225
Krainburg L.	208	St. Stephan (Bergkirche) L.	393
Krn nw. vom Dorfe Krn G.	1183	Stermach Alpenflecken sö. von Raunach L.	534
Kuk n. von Rauna	1098	Storstsch nw. v. Waschl L. .	1123
Laak oder Bischoflak Schloßthurn	210	Stou n. von Scherounitz L. .	1177
Laibach Thurnsp. des Kastells	192	Swet Vrch öst. von Nassenfuß N.	227
Leß L.	208	Szermak sw. v. Loitsch A. . .	482
Mangart sw. v. Ratschach . .	1410	Terglou, höchster Punct d. Julischen Alpen L.	1506
Moistroka w. v. Kronau L. .	1244	Tschernembl (Markt) N. . . .	97
Mäyrnouz n. v. Langenfeld L.	954		
Na Bleek nö. v. Mühlstetten L.	978		

	W. Klft.		W. Klft.
Uogu ö. v. Solscha G.	1237	Vochu s. v. Schebrelia G.	1012
Uoscza nö. v. Kronau L.	913	Wagatin s. v. Solscha G.	1055
Wasze n. v. Langenfeld L.	955	Wutschkakirche M.	160
Velders (Schloß)	307	Zelenitza n. v. Vigaun L.	1146

4. In Steyermark.

B. bedeutet den Brucker, C. den Cillier, G. den Grätzer, J. den Judenburger, M. den Marburger Kreis.

	W. Klft.		W. Klft.
Abstall (Dorf) M.	140	Kaibling bey Haus J.	1061
Admont (Stift) J.	364	Heukuppe auf der Raxalpe	1056
Aerzberg bey Eisenärz	806	Hochgolling J.	1508
Ahornk. s. v. Donnersbach J.	1052	Hochgrößenb. J.	1113
Ameringk. sö. v. Weiskirchen J.	1170	Hochkohr B. bey Polsau	949
Anlaufalpe bey Wegschaid B.	789	Hochreichhards B.	1270
St. Anton C.	452	Hochschwab. B.	1196
St. Augustin M.	271	Hochstadl bey Weichselboden	1007
Bacherb. oder Schingeter M.	709	Hochthurnb. bey Vordernberg	1094
Brandstein nö. v. Eisenärz	1051	Jerusalem M.	180
Brebersp. J.	1443	Irdning J.	353
Bremstetten G.	185	Judenburg (Stadt)	390
Bruck an der Mur	279	Kaiserschildb. bey Eisenärz	1095
Bruderk. nö. v. Prettstein	1210	Kalte Mauer n. v. Eisenärz	1011
Carnitza sö. v. Stattenberg	329	Kampelberg B.	1117
Cilli (Stadt)	125	Karleck nw. v. Schöder J.	1238
Deneck s. v. St. Nicolo J.	1279	Kesseleck sö. v. St. Johann J.	1217
Ebenstein n. v. Tragöß B.	1115	Kieseck nw. v. Krakau J.	1410
Eilmtberg nw. v. Gößl J.	1120	Knallst. w. v. St. Nicolo J.	1368
Eisenhut sö. v. Turrach J.	1287	Koppenhof bey Grätz	270
Feistereck ö. v. Brandhof B.	810	Koralpe sö. v. Wolfsberg	1127
Frauenalpe sw. v. Murau J.	1054	Krautgarten nw. v. Seewiesen	1044
Friedau M.	119	St. Kunigunde M.	302
Gamsk. s. v. Oppenberg J	1139	Leibnitz M.	146
Gastrumeralpe nw. v. Ober-	-	Leoben B.	302
wötz J.	1185	St. Leonhard M.	146
Geigerberg n. v. Eisenärz	904	Lietzen J.	370
Gonowitzb. C.	533	Lopernerst. nö. v. Mitterdorf J.	1034
Grätz (Terasse d. Johanneums	183	Lukauerb. sw. v. Hieflau	1159
Grätz (Schloßberg)	246	St. Magdalena sö. v. Hartb.	239
Grimming J.	1237	Marburg	142
Großbuchst. bey Weng	1168	Mariazell (Kirche)	491
Großariessteinsp. J.	1230	Mautern B.	373
Großringk. bey Gül J.	1198	Mitterdorf J.	424
Großtrackl bey Taublitz J.	1139	Oistritzab. bey Leitsch C.	1238
G.chtoder bey Stadel J.	1125	Ouschowa nö. v. Sulzbach C.	1016
Gunkeneck J.	1171	Pettau M.	123
Handalpe bey Schwaneberg	975	Pfaffenst. n. v. Eisenärz	983

	W. Klft.
Platschb. bey Ehrenhausen	269
Raducha n. v. Leitsch C.	1081
Raidling n. v. Wörtschach J.	1005
Rann (Stadt) C.	86
Reichenst. s. v. Eisenärz	1138
Reiting nö. v. Mautern B.	1164
Rosenk. ö. v. Oswald J.	1009
Rupprechtseck n. v. Krakau	1362
Sarstein n. v. Aussee J.	1040
Schäckelberg G.	758
Scheiblingst. w. v. Unterthal J.	1155
Scheuchensp. n. v. der Ramsau J.	1402
Schießeck n. v. Oberwötz J.	1196
Schoberb. nw. v. Winklern J.	1275
Schobersp. s. von Donnersbach J.	1118
Schönberg n. v. Aussee	1103
Seekahrsp. nw. v. Hintermühl	1314
Sparenfeld sö. v. Admont	1181
Speickberg w. v. Uibelach	1046
Steinammandl s. v. Rottenmann	1076
Stotterzinken n. v. Weißenbach	1077
Tamischbachthurm w. v. Hieflau	1068
Thorstein nö. v. Filzmoos	1582
Veitschalpe nö. v. Seewiesen	1041
Waregg nö. v. Freyen B.	840
Wechsel an der ö. Gränze	916
Wenzelalpe sw. v. Judenburg	1129
Wildfeld sw v. Eisenärz	1074
Wildstell sö. v. Schladming	1446
Windb. s. v. Neuberg	999
Woising nö. v. Altaussee	1087
Zinkenberg sw. v. Mautern	1261
Zirbitzk. nö. v. Mühlen. J.	1264

5. In Oberösterreich und Salzburg.

H. bedeutet Hausruckviertel, T. Traunviertel, J. Innviertel M. Mühlviertel, S. das Herzogthum Salzburg.

	W. Klft.
Abtenau S.	375
Allerheiligen M.	299
Alpk. w. v. Weyer T.	796
Alpriedh. S.	1239
Ankogel sö. v. Bockstein S.	1715
Arappk. S.	1156
Arche, große, sö. von Niedersill S.	1292
Bärnsteig S.	1164
Basis n. Endpunct derselben bey Kleinmünchen H.	139
Benzek s. v. Flachau S.	1095
Bernk. nö. v. Rauris S.	1226
Bernstaffel S.	1236
Birchh. nw. v. Salfelden S.	1388
Blassenb. w. v. Halstadt T.	1029
Bleyk. zweyter höchster Punct d. Tauern sw. v. Abtenau S.	1271
Bleislingskail S.	1318
Braunau J.	187
Breitk. s. v. Bramberg S.	1275
Brennk. sw. v. Rauris S.	1590
Dachstein, zweyter Gipfel des Thorstein s. v. Halstadt	1552
Demmelb. sw. von Hinterstoder T.	1204
Donnerk. s. v. Gosau T.	1081
Draugst. S.	1243
Eibenb. sö. v. Lambath T.	842
Embach S.	531
Enns, Mitte des Platzes T.	148
Fanninghöhe nö. von Mautern S.	1114
Fellh. nw. v. Waidring S.	926
Foga sö. v. Radstadt	915
Freystadt M.	294
Freythofhöhe, höchst. Punct der Straße über den Radstädter Tauern S.	917
Fulseck sö. v. Dorfe Gastein S.	1070
Gaisberg bey Salzburg	679
Gamskahrk. ö. v. Hofgast. S.	1272
Gamsk. bey Hofgastein	1300
Gamsplan n. v. Rettenbach T.	1001
Geißst. n v. Mittersill S.	1245
Geissteink. ö. von Untertauern S.	1146
Gemsfeld nw. v. Gosau T.	1068

	W. Klft.		W. Klft.
St. Georg J.	227	Körndlberg n. v. Wald S.	1285
St. Georgen J.	261	Koreck n. v. Steinwandeck S.	1307
Gernk. S.	1192	Kothalpe nö. v. Ischl T.	939
Glingsp. oder Prettenh. S.	1282	Kramk. oder Zeigensp. sw. v. Dorfe Gastein	1293
Gmundnerberg	432	Kraxensp. sö. v. Kleinarl S.	1283
Göll, hoher, w. v. Golling S.	1328	Kreutzhöhe n. v. Löffach S.	1338
Göll, kleiner » » »	924	Lakenk. sö. v Flachau S.	1080
St. Gotthard M.	245	Langweide nö. v. Fusch S.	1049
Gramasstätten M.	290	Laserb. sö. v. Tamsweg	1018
Graswand s. v. Gosau T.	1271	Leonfelden M.	394
Grauk. sö. v. Badgastein	1313	Lerchwand sw. v. Niedersill S.	1259
Grieskoreck bey Wagrein S.	1048	Marchtrenk, südl. Endpunct d. Welser Grundlinie H.	160,5
Großeck s. v. Fehl S.	1278	St. Martin M.	291
Großspitz b. sw. v. Molln T.	734	St. Michael S.	564
Gründeck bey St. Johann S.	963	Neubau, Mitte der Basis, H.	149,6
Gschtosig sö. v. Ranning S.	997	Nussigk. sw. v. Großglockner S.	1572
Guglsp. n. v. Zederhaus S.	1355	Pihappersp. s. v. Mittersill	1324
Gurpetscheck n. v. Tweng S.	1331	Plattenk. w. v. Krimmel S.	1070
Haseck nö. v. Dorfgastein S.	1117	Pleißnitzk. s. v. Zederhaus	1336
Hebenkas sw. von Hinterstoder S.	1203	Poberg sw. v. Habach S.	1153
Heiligenstadt J.	294	Pöstlingb. bey Linz	284
Herzogsdorf M.	313	Pragh. sö. v. Ob. Weißbach S.	1129
Hinterh. sw. v. Lofer S.	1320	Priel, gr. nw. v. Hinterstod. T.	1324
Hinthalsp. s. v. Krimmel	1560	Priel, kl. n. » » »	1124
Hirschk. w. v. Rauris S.	1187	Radstadt (Stadt) S.	451
Hochburg J.	246	Rathhausb. bey Böckstein S.	1415
Hocheneck nw. v. W. Garsten T.	1033	Rauchek s. Schneide des Tännengebirges S.	1280
Hocher Aar (Narr) S.	1718	Rauchzaglk. oder Leitenk. zw. Ketschach- und Großarlthal	1283
Hochsalm sö. v. Viechtwang T.	740	Reichersberg J.	183
Hochsengseb. sw. v. Pangratz T.	968	Ried J.	228
Hochzink im Steinmeere S.	1398	Riffelk. nw. v. Werfen S.	1188
Höllwandsp. s. von Schwarzach S.	1198	Röthelst. n. v. Mühlberg S.	1246
Hönigk. nö. v. Bruck S.	978	Röttenstein nö. v. Filzmoos	1182
Höß bey Hinterstoder T.	975	Salzachk. nw. v. Wald S.	1299
Hradofen sö. v. Kendelbruck S.	1056	Salzburg, Platzl am Fürstenbrunn in der Festung	286
Hundfeld ö. v. Obentauern S.	1270	Saukahr ö. v. Großarl	1078
Hundst. hoher, nw. v. Taxenbach S.	1116	Schärding J.	162
Innbachh. w. v. Fusch S.	1302	Schafberg bey Ischl	938
Kalchsp. s. v. Mandling S.	1295	Schafkahrk. w. v. Bucheben S.	1436
Kallersberg sw. v. Golling	1239	Schareck. sw. v. Tweng S.	1300
Kalmberg sw. r. Goisern T.	965	Scheibelberghöhe sö. v. Mittersill	1289
Kamerkahr nö. v. Waidring S.	983	Schlachtertauern s. v. Krimmel	1446
Kammerlingh. S.	1309	Schneeberg, ewiger, b. Werfen	1550
Kasberg w. v. Steyerling T.	920	Schwarzk. sw. v. Rauris	1458
Kilnprein bey Kendelbruck S.	1271		
Kitschst. nö. v. Großarl S.	1073		
Kitzsteinh. s. v. Kaprun S.	1684		

	W. Klft.		W. Klft.
Seekahrsp. sö. v. A. Tauern .	1239	Untersb. am hohen Throne S.	977
Silberpfennig od. Erzwiese S.	1370	Venedigersp. (Gletscher) S. .	1937
Sonntagsh. nw. v. Unken S.	1035	Watzmann	1430
Speichb. sö. v. Traun T . .	1119	Weißeck w. v. Zederhaus . . .	1429
Speyereck. n. v. St. Michael S.	1270	Weißeneck w. v. Tweng . . .	1350
Stegerkau S.	1312	Wels (Stadt)	171
Stubnerk. s. v. Hofgastein . .	1184	Wiesbachh. sw. v. Fusch S. .	1886
Tamsweg S.	539	Wieselsteink. Spitze des Tännengebirges sö. von Golling S.	1211
Tauerk. bey Mittersill S. . .	1571		
Thorstein T.	1552		
Traunstein bey Gmunden T.	890	Wolfern T.	189
Türkelwand w. v. Hofgastein	1358	Zinken, hohe, n. v. Abtenau .	929

6. In Niederösterreich.

U. W. bedeutet das Viertel unter Wiener Wald, o. W. ober Wiener Wald, u. M. unter Manhartsberg, o. M. ober Manhartsberg.

	W. Klft.		W. Klft.
Aichkogl bey Mödling . . .	191	Horn (Stadt)	163
Anninger b. Gumpoldskirchen	354	Hundesheimer (Berg)	251
Basis, südlicher Endpunct bey Neunkirchen	187	Kaiserstein, zweyte Spitze des Schneeberges	1086
Detto nördl. Endpunct bey Neustadt	142,5	Kalenderberg bey Mödling .	187
		Kaltenberg bey Lichtenegg . .	455
Bisamberg	186	Karnabrunn	188
Dollersheim (Markt)	286	Kföller Alpe	679
Dirrenstein s. v. Lunz	987	Kirchberg am Walde o. M. .	303
Ebenfurth (Stadt)	118,5	Langenlois	123
Ebreichsdorf	102	Laßee	77
Fährenberg bey Petersdorf .	305	Larenburg	93
Feuchtenberg bey Reichenau .	728	Leopoldsberg	222
Fischament	86	Manhartsberg bey Egendorf	283
Fuglau (Dorf) o. M.	250	Muckendorf o. M.	485
Gfäll (Markt)	312	Muckenkogl s. v. Lilienfeld .	656
Gnadendorf	143	Napersdorf u. M.	122
Gölleralpe bey St. Egydi . .	929	Naßwald (n. Haferfeld) . . .	980
Grestner Hochkogl	430	Neuberg bey Dornbach . . .	243
Hadersdorf (Obelisk)	239	Neudorf u. M.	106
Handelsberg bey Schwarzau	722	Neupölla (Markt)	251
Haslau (Kroatisch)	100	Oberleis u. M.	217
Hausbrunn	105	Obermalebern	111
Herrmannskogel	285	Obersberg bey Schwarzau .	772
Heunelsteck nw. v. Annaberg .	701	Oed (Dorf) o. W.	205
Hochreußalpe bey Lilienfeld .	737	Oetscher	995
Hocheck bey Altenmarkt . . .	547	Ottenberg s. ö. v. Schottwien	715
Hochenau (Markt)	81	Pernegg	284
Hochleuten (Caserne)	148	Poisdorf	118
Hohenruppersdorf	128	Pottendorf	112
Hohenwart (Dorf)	174	St. Pölten	156

	W. Klft.		W. Klft.
Postfeld s. v. Neunkirchen u. W.	211	Traunstein (Dorf) o. M.	486
Ringelsdorf	89	Trumau (Markt)	106
Rötz	139	Tulbingerkogl	260
Rosalia-Capelle	393	Tuln	93
Säuring	87	Unterberg bey Muckendorf	407
Schaafberg bey Dornbach	204	Vorauer Alpe	878
Schneeberg	1095	Waidhofen o. M.	269
Schönbrunn (Gloriet)	125	Wallsee (Schloß)	145
Seefeld u. M.	100	Waxrigl, dritte Spitze des Schneeberges	994
Sonnenleithst. bey Schwarzau	863	Weidendorf u. M.	110
Sonntagsberg bey Waidhofen	371	Weinsberg bey Guttenbrunn	548
Staatz (Ruine)	173	Weitersfeld o. M.	232
Städtldorf u. M.	119	Werenberg bey Schwarzensee	379
Stockerauer Anhöhe	111	Zuggers (Dorf) o. M.	253
Strausdorf u. M.	110	Zwentendorf o. W.	100
Stratzing o. M.	190	Zwettel (Kloster)	295
Sulzberg s. v. Annaberg	735	Zwingendorf u. M.	97
Detto bey Persenbeug	448		

7. In Mähren.

B. bedeutet den Brünner, H. den Hradischer, O. den Ollmützer, P. den Prerauer, Z. den Znaymer Kreis.

	W. Klft.		W. Klft.
Aschmeritz (Kirchthurn) Z.	116,14	Jawornick nad Czernikowen H.	560,89
Backofen (Berg) O.	689,53	Jawornick nad Minarikem H.	534,00
Bcharzowitz (Kirchth.) Z.	202,74	Knehin P.	660,30
Bilowitz (Kirchth.) H.	110,03	Lassagora P.	696,01
Brünnlberg O.	705,59	Lißni (Berg) H.	342,88
Brünn (Spielberg)	149,90	Littau O.	120,84
Brzest H.	102,25	Lundenburg (Schloßth.) B.	84,12
Buchlau (Schloß) H.	276,79	Meseritsch (Wallachisch) P.	161,13
Czerweni Kamen H.	485,94	Müglütz O.	150,64
Drzewohostitz P.	130,08	Napagedl	144,08
Dubrana (Berg) H.	354,63	Neudorf (Kirchth.) B.	100,97
Eisgrub. (Observations-Thurm) B.	87,22	Neutitschein P.	156,25
Freystadl (Kirchth.) H.	142,43	Prerau P.	113,41
Göding (Kirchth.) B.	84,85	Proßnitz O.	132,72
Glaserberg O.	747,00	Pullitz (Schloßth.) Z.	277,47
Groß Senitz O.	123,67	Rotherberg O.	700,10
Heiligerberg O.	180,84	Sauberg O.	563,20
Hochschaar (Berg) O.	708,98	Schneeberg O.	747,11
Hradisch (Kloster) O.	114,46	Sebastian (Kirchth.) B.	191,59
Hradisch (Ungarisch) H.	88,58	Sonnenberg O.	417,16
Hullein H.	100,47	Skalka (Berg) P.	506,18
Jawornick bey Frankstadt P.	482	Spitzberg O.	407,50

	W. Klft.		W. Klft.
Tajax (Kirchth.) Z.	105,28	Wessely H.	95,29
Teschelitz O.	116,57	Wisowitz (Kirchth.) H.	154,28
Ungrisch Brod H.	134,17	Wißoka (Berg) P.	537,52
Weißkirchen P.	140,28		

8. In Schlesien.

	W. Klft.		W. Klft.
Altvater (Berg)	783,96	Leobschitz (Preußisch)	161,45
Altvater, hohe Heide daselbst	769,9	Löwenkuppe	545,46
Annaberg	451,78	Neiße (Preußisch)	122,59
Bischofkuppe	467,25	Patschkau (Stadt)	146,92
Brandkuppe	579,00	Rauberstein	534,65
Freywaldau	229,41	Spitzberg	501,20
Friedeck	137,53	Teufelsberg	432,93
Groß Herlitz	193,63	Troppau	131 64
Hirschbad	518,42	Urlichkuppe	632,47
Jägerndorf	166,62	Urlsberg	592,30
Johannisberg	184,15	Wagstadt	152,41

9. In Böhmen.

	W. Klft.		W. Klft.
Budweis	201,68	Ochsenberg	465,06
Capellen (Dorf)	500,76	Rohrenberg	567,00
Doppla (Berg)	502,69	Roßberg	457,68
Frauenberg (Schloß)	228,07	Rudolphstadt	252,08
Golitsch (Dorf)	518,62	Schönninger (Berg)	569,91
Gratzen (Stadt)	282,42	Sobieslau (Stadt)	211,50
Haslberg	408,99	Steinkirchen (Dorf)	251,86
Hochwald	542,85	Umlowitz	352,19
Hohenstein (Berg)	699,89	Weleschin (Ortschaft)	288,12
Kienberg (Dorf)	490,41	Wesely (Stadt)	225,58
Kochau (Berg)	456,54	Wittingau	227,45
Lagau (Dorf)	430,63	Woldau (Markt)	381,45
Lischau (Ortschaft)	270,85		

Parry fand Eisberge 200 Fuß über die Oberfläche des Wassers emporragen; da aber nach den im Kleinen mit demselben Eise und in dem nähmlichen Seewasser angestellten Versuchen 6/7 des Eises unter Wasser tauchen: so mußten jene Eisberge sich bis auf eine Tiefe von 1440 Fuß ins Meerwasser senken, im Ganzen also 1640 Fuß = 273 Klaftern hoch oder dick seyn. — Zur Vergleichung mögen einige Höhen merkwürdiger Werke von Menschenhänden hier einen Platz finden. Die Zahlen geben die Entfernung der Spitze von der Grundfläche an.

Pyramide bey Gizeh	87 W. Klaft.	85 Toisen.
» » des Cheops bey Memphis	73 »	71 »

Pyramide des Cephrenes	68 W. Klaft.		66,6 Toisen.	
» » bey Saktarah	57,5	»	56	»
Granitsäule aus Einem Stücke	8	»	7,5	»
Münster zu Straßburg	75	»	73	»
Thurm bey St. Stephan in Wien	72,21	»	71	»
» » bey Maria Stiegen	31	»	30	»
» » der Domkirche zu Antwerpen	76	»	74	»
» » der Marienkirche zu Berlin	49	»	47,8	»
» » der Parochialkirche in der Klosterstraße zu Berlin	41	»	40	»
Markusthurm zu Venedig	53	»	51	»
Kuppel der St. Peterskirche zu Rom	70	»	68	»
» » der Paulskirche in London	56	»	54,5	»
» » des Domes in Mailand	57,5	»	56,2	»
St. Michaelisthurm zu Hamburg	69	»	67	»
St. Paulsthurm in London	57,5	»	56	»
Stamm oder Schaft der Wachspalme (Ceroxylon andicola) über	31	»	30	»
Höhe der Bemastung eines Linienschiffes über dem Kiel	38,5	»	37,5	»

Am 23. Jun. 1802 kam Humboldt mit Bonpland und Montufar auf einer kaum 6 Zoll breiten Trachitgräte am Chimborazo 3016 Toisen hoch, wo das Barometer auf 13 Zoll 11,2 Linien herabsank. Capitän Gerard soll am Tachiguany des Hymalaya noch um 118 engl. F. höher gekommen seyn. Die höchste bleibende Menschenwohnung in Europa ist das Kloster auf dem St. Bernhardsberge 1310 Klft. über der Meeresfläche; dann das Alpendorf St. Veran 1076 Klft.; das Dorf Rofen in Tyrol 1067 Klft.; Gurgl 953 Klft.; das Dorf Heas in den Pyrenäen 771 Klft.; in Asien das Dorf Goh am Hymalaya 1967 Klft.; das Dorf Rees am Kaukasus 1233 Klft. über der Meeresfläche. In der neuen Welt steigen die Menschenwohnungen viel höher: die Meierey auf der großen, 2107 Toisen hohen Gebirgsebene am Antisana liegt 2162 Klft. über der Meeresfläche, das auf dieser Ebene gehetzte Wild verliert Blut aus Maul und Nase; die Städte Micuipampa und Huancabelica in Peru liegen auf einer 2000 Klft. hohen Bergebene (Plateau). Die Städte Madrit und Innsbruck liegen auf den höchsten Plateaux in Europa. Weiden und cultivirte Aecker will man am Hymalaya über 2334 Toisen hoch gefunden haben.

Es braucht kaum erwähnt zu werden, daß man mittelst des Barometers eben so Versenkungen unter die Oberfläche der Erde, als Erhebungen über dieselbe bestimmen kann. Der tiefeste Bau zu Anzin

bey Valenciennes liegt 158 Klft. unter der Oberfläche des Meeres. Zu Whitehaven in Cumberland erreicht der Steinkohlenbau eine Tiefe von 527 Klft. und reicht mehr als 106 Klft. unter die Oberfläche des Meeres. Die Freyberger in Betriebe stehenden bis 240 Klft. tiefen Grubenbaue senken sich gegen 16 Klft. unter die Meeresfläche. Nach Agrikola sollen mehrere seit einiger Zeit eingegangene Schächte zu Kuttenberg in Böhmen eine Tiefe von 500 Klft. erreicht haben. Der Heiligengeist-Schacht zu Röhrebühel (unweit Kitzbühel bey St. Johann) in Tyrol senkt sich 444 Klft. tief hinab: sein Sumpf soll 98 Klft. unter der Meeresfläche liegen. Größte Tiefe des Bodensees zwischen Friedrichshafen und Ramshorn 164 Klft. Der Rhein müßte 2 Jahre und 20 Tage mit derselben Wassermenge, als er durch die Brücke von Basel führt, strömen, um das Becken des Bodensees voll zu füllen. Tiefste Stelle des Genfer oder Lemansees zwischen Villette, Cailli und Meillerie 165 Klft. Tiefe des Josephsbrunnen in der Citadelle von Cairo 48 Klft.

Winde.

375. Wir dürfen uns nur den leichten, aus äußerst flüssigen und elastischen Substanzen bestehenden Ocean der Atmosphäre vorstellen, um eine todte Ruhe, oder eine vollkommene, dauernde Windstille darin nicht denkbar zu finden; indem das Gleichgewicht durch die geringfügigsten Ursachen gestöret, und nur durch Zu- und Abfließen unter mancherley Schwankungen wieder hergestellt werden kann. Die dadurch hervorgebrachten strömenden Bewegungen großer Massen von Luft heißen wir Winde, kleinerer Mengen Luftzüge. — Die Winde erhalten verschiedene Nahmen: a) Nach ihrer Richtung von der Weltgegend aus der sie kommen, und welche uns die Windfahnen (Windzeiger, Anemoskope oder Plagoskope) angeben; Ostwind, Solanus; Westwind, Favonius, Zephyrus; Südwind, Notus, Auster; Nordwind, Boreas Septemtrio; Nordostwind, Aquilo; Nordwestwind, Caurus; Südwestwind, Africus; Südostwind, Eurus. Dann zählet man nach demselben Eintheilungsgrunde noch 24 andere aus den Zwischengegenden kommende und davon benannte Nebenwinde, derer Nahmen man in jeder Wind- oder Schifferrose findet. Oerter, welche von dem Standpuncte des Beobachters jener Gegend zu liegen, aus welcher der Wind kommt, heißen über dem Winde, jene hingegen, welche der Gegend zu liegen, wohin der Wind bläst, unter dem Winde:

bey einem Nordwinde sind also alle dem Beobachter nördlich liegende Gegenden über, demselben südlich liegende Oerter unter dem Winde. — b) Nach ihrer Stärke, d. h. nach der Schnelligkeit ihrer Bewegung: Lüftchen, Wind, Sturm, Orkan. Die Instrumente zur Bestimmung der Geschwindigkeit und der davon abhängenden Stärke des Windes heißen Anemometer. Zu den besten gehöret das Bouguer'sche, dann Woltmann's hydrometrischer Flügel u. a. m. Mäßige Winde legen in einer Secunde einen Weg von 10 bis 15 Fuß zurück; Stürme durchlaufen in derselben Zeit 40 und mehr Fuß; Kraft will in Petersburg sogar einen Orkan von 124 F. Geschwindigkeit in einer Secunde beobachtet haben. Wegen des großen Unterschiedes in der Dichtigkeit muß sich der Wind wenigstens 24 Mahl geschwinder als Wasser bewegen, um auf dieselbe widerstehende Fläche gleiche Kraft auszuüben. c) Nach ihrer Dauer und nach der Zeit ihrer Wiederkehr: in regelmäßige, die entweder beständig, wie die Passat-Winde, oder periodisch, wie die Moussons, sind; und in veränderliche oder unbeständige, wie z. B. alle unsere Winde in Deutschland sind. Von den letzteren ist einer und der andere in einer gewissen Gegend der herrschende, wie z. B. bey uns der Nordwestwind, den man dann den Provinzial-Wind heißt. Manchmahl bemerkt man Winde in den oberen Schichten der Atm., während einer Windstille an der Oberfläche der Erde, und so umgekehrt; zuweilen strömet der Wind in den oberen und in den unteren Schichten nach entgegengesetzter Richtung: so hat man an dem Ziehen der Wolken schon drey verschiedene Winde über einander bemerkt.

Alle Winde entstehen durch Störung des Gleichgewichts zwischen den senkrechten Luftsäulen, aus denen man sich die Atm. bestehend vorstellen kann. Die Ursache dieses gestörten Gleichgewichts liegt beynahe immer in einer ungleichen Ausdehnung durch ungleiche Erwärmung. Erwärmt wird die atm. Luft nur durch die Oberfläche der Erde (§. 349). Diese Erwärmung der Luft durch die Oberfläche der Erde erstreckt sich aber schwerlich auf eine Höhe von 6000 Klaftern: daher muthmaßet man nicht ohne Grund, daß über diese Höhe hinaus, mit Ausnahme jener Strömung von dem Aequator nach den Polen (§. 351), eben so wenig eine Spur von unsern Winden angetroffen werde, als in einer gewissen Tiefe des Meeres etwas von den unruhigen Bewegungen auf seiner Oberfläche bey den heftigsten Stürmen

beobachtet wird: in einer gewissen Entfernung unter und über der Oberfläche der Erde herrscht also eine dem Tode ähnliche Ruhe.

376. Der einzige regelmäßige und beständige Wind ist der Passatwind, d. h. ein mäßiger Ostwind, welcher auf dem Weltmeere, zwischen den beyden Wendekreisen das ganze Jahr hindurch Tag und Nacht wehet; der unter der Linie selbst am schwächsten ist, in einiger Entfernung davon stärker wird, sich aber nördlich vom Aequator in Nordostwind, südlich in Südostwind verändert. Zur Erklärung des Passatwindes dient Folgendes: Wenn wir bey ruhiger Luft schnell laufen oder fahren, so scheint uns ein Wind entgegen zu kommen: wir empfinden also Ostwind, wenn wir uns schnell gegen Osten bewegen. Weil sich nun die Erde täglich Ein Mahl von Westen gegen Osten um ihre Achse dreht, und daher die Oberfläche derselben sich mit ungeheurer Geschwindigkeit (§. 17*) bewegen muß; so würden wir, wofern die Atm. diese Bewegung nicht mitmachte, einen Ostwind von 1500 Fuß Geschwindigkeit in einer Secunde empfinden, gegen den alle bisher bekannten Orkane an Stärke verschwänden. Bewegt sich hingegen die Atm. in derselben Richtung, und mit einer solchen Geschwindigkeit, daß sie die unter ihr liegenden Theile der Erdoberfläche immer begleitet; so könnte aus dieser Bewegung der Atm. für die Erdbewohner gar kein Wind entstehen. Keines von beyden ist nun aber unter der Linie ganz der Fall, sondern die Atm, bewegt sich dort bloß mit geringerer Geschwindigkeit als die correspondirende Erdoberfläche. Zwischen den Wendekreisen wird die Luft am meisten erhitzt, steigt in die Höhe, fließt dort oben gegen die Pole ab, und wird durch einen unteren Luftzug von den Polen gegen den Aequator ersetzt (§. 351). An den Polen hat die Erdoberfläche und folglich auch die Atm. eine viel geringere Umdrehungsgeschwindigkeit als am Aequator. Die von den Polen am Aequator zum Ersatze angekommene Luft braucht einige Zeit, bis sie die ihrem gegenwärtigen Orte angemessene Geschwindigkeit annimmt; ehe dieß geschieht, müssen daher alle Gegenstände auf der Oberfläche der Erde diese Luft in der Richtung von Westen nach Osten durchschneiden, welches dieselbe Wirkung macht, als ob ein Ostwind wehete. Ehe die Luft die nothwendige Geschwindigkeit angenommen hat, ist sie schon wieder erwärmt in die Höhe gestiegen, und von neu angekommener Polarluft ersetzt, bey der nun immer wieder dasselbe Verhältniß eintritt. Der Passatwind herrscht nur auf

dem Meere, weil auf dem festen Lande zu viele Hindernisse seine regelmäßige Bewegung stören. — Die Moussons sind Winde, welche in gewissen Gegenden, vorzüglich in Küstenländern, zwar regelmäßig, aber nur zu gewissen Jahreszeiten herrschen: so weht in Brasilien während unserer Sommermonathe ein Südwestwind, während unserer Wintermonathe ein Nordostwind. Die Ursache dieser Winde muß in der ungleichen Erwärmung der Luft in den verschiedenen Jahreszeiten sowohl auf dem festen Lande als auf den benachbarten Meeren, und in einigen andern Local-Umständen gesucht werden. Aus derselben Ursache haben Küstenländer bey Tage Seewind, bey der Nacht Landwind: bey Tage wird nähmlich das Land und folglich auch die darüberstehende Luft mehr erhitzt als das Meer; die kühlere Seeluft strömt daher gegen das Land, um die wärmere und daher leichtere Landluft in die Höhe zu treiben; bey der Nacht kühlt die Landluft stärker und schneller ab als die Seeluft; daher strömt jene vom Lande gegen die See.

Nach A. Erman findet in der Passatregion ein äußerst regelmäßiges Sinken des Barometers Statt von der Gegend an, wo der Wind beginnt, bis zu jener, wo er zu wehen aufhört. Die Gränze des nordöstlichen und südöstlichen Passatwindes fällt nicht mit dem Aequator zusammen, sondern liegt in dem atlantischen Meere 3 bis 4 Grade nördlich von demselben. Die Ursache davon ist in der höhern T. der nördlichen Erd-Hemisphäre zu suchen. Nach dieser Abweichung berechnet, sollte sich die T. der nördl. Hemisphäre zur T. der südlichen verhalten wie 11 : 9, nach Aepinus ist diese nur um $1/_{14}$ kälter als jene.

377. In der Mitte großer Continente sind die unregelmäßigen oder unbeständigen Winde am häufigsten. Die Veranlassungen ihrer Entstehung sind sehr mannigfaltig, aber immer von der Art, daß eine Aenderung der Elasticität und des Druckes der verschiedenen Schichten und Säulen, aus denen man sich die Luft bestehend vorstellen kann, hervorgebracht wird. Die häufigste Ursache der Winde ist eine ungleiche Veränderung der T. in einer mit den benachbarten im Gleichgewichte stehenden Luftschichte: daher entsteht bey großen Feuersbrünsten immer Wind, wenn auch vorher die Luft ganz ruhig war; so werden Luftsäulen in dem Schatten dichter Wolken, wie auch durch herabfallenden Regen oder Hagel abgekühlt; Bildung und Zersetzung von Wolken sind auch von örtlichen Temperaturs-Veränderungen begleitet. Manche Winde sind elektrischen Ursprungs; daher sind sie die gewöhnlichen Begleiter von Donner-

wettern. Auch an der Oberfläche der Erde gibt es Winde erregende und modificirende Ursachen: daher entstehen die verschiedenen Luftzüge an Bergen, Waldungen, Flüssen, Sümpfen. Die verschiedene Beschaffenheit des Bodens in Hinsicht seiner Erwärmungsfähigkeit und seines Verhaltens zum Wasser, vermöge dessen dieses geschwinder oder langsamer verdünstet, wird auch zur Veranlassung von Winden. Hierher sind auch zu rechnen: Ausbrüche von Vulkanen, Erdbeben, Schmelzen des Schnees auf hohen Gebirgen, Ueberschwemmungen und unterirdische Luftausbrüche. Durch den Einfluß der Sonne und des Mondes wird eine, freylich meistens (nur unter dem Aequator nicht §. 368) durch andere stärkere Ursachen unmerklich gemachte, der Ebbe und Fluth ähnliche Bewegung im Luftmeere hervorgebracht.

Die Ursache der Winde ist nicht immer in jener Gegend zu suchen aus welcher sie blasen, sondern häufig in jener, wohin sie strömen: daher wird mancher Sturm in Oertern unter dem Winde früher, als in andern über dem Winde bemerkt. Wenn die Luftmasse am Nordpole aus was immer für einer Ursache leichter wird, so muß die Luft aus südlicher gelegenen Gegenden zuströmen, um das Gleichgewicht wieder herzustellen, also ein Südwind entstehen, der in nördlichen, also unter dem Winde gelegenen Gegenden früher, als in südlichen oder über dem Winde gelegenen Orten sich zeigen muß. Wird die Luftmasse am Nordpole schwerer, so muß sie zur Herstellung des Gleichgewichtes nach Süden abfließen, also einen Nordwind verursachen, der in den Gegenden über dem Winde früher, als in jenen unter dem Winde beobachtet wird. Bey jenem Südwinde muß das Barometer im Anfange desselben fallen, bey diesem Nordwinde steigen. Weil in den Aequatorial-Gegenden so beständige Winde herrschen, so wird die Ursache der meisten unbeständigen Winde, selbst der Südwinde, in den den Polen näher gelegenen Gegenden zu suchen seyn. Daher fällt das Barometer bey den meisten Südwinden und steigt bey den meisten Nordwinden. Einige Winde zeichnen sich nebst den Wirkungen, die sie durch ihre Bewegung hervorbringen, auch noch durch allerley Nebeneigenschaften aus: so gibt es kalte Winde, bey uns meistens der Nord oder Nordostwind; feuchte Winde, die sich während ihrer Reise über große Meere mit Wasserdunst überladen haben. Winde, welche warm und feucht zugleich sind, dabey nur wenig Elektricität besitzen, wirken auf Menschen und Thiere erschlaffend. Seewinde führen manchmahl Salztheile mit; so wie der Harmattan aus den großen Sandwüsten im Innern von Afrika feinen Sand mitbringt. Der Chamsin in Aegypten, der fürchterliche Samiel oder Samum, der schon

ganze Heere aufgerieben hat, und vor dem man sich bloß durch Niederlegen auf die Erde und durch Verhüllen des Gesichts schützen kann, sind gleichfalls heiße Sandstürme. Wenn diese heißen afrikanischen Winde über dem mittelländischen Meere ihren Sand abgesetzt und sich dafür mit Wasserdampf angeschwängert haben, so kommen sie als erschlaffende Siroccos in die südlichen Gegenden von Europa, z. B. nach Italien; obschon der Sirocco gewöhnlich nur + 27° R. warm ist, so leiden doch Menschen und Thiere sehr dadurch, indem sie sich durch Verdünstung nicht abkühlen können, weil die Luft keine Wasserdämpfe mehr aufzunehmen vermag. — Die Winde gehören unter die Hauptmittel, wodurch die Natur ihre große Haushaltung in Ordnung erhält: sie helfen die Bestandtheile der Atm. immer und allenthalben auf dem gehörigen Verhältnisse erhalten; durch sie werden schädliche, in dieselbe aufsteigende Stoffe geschwind so vertheilt, daß sie ihre Wirksamkeit verlieren: wie bald wäre in volkreichen Städten die Luft verpestet, wenn sie nicht durch Winde stets erneuert würde? Winde bringen Wolken und Regen in wasserarme Gegenden; sie mäßigen die T. in den Aequatorial- und Polar-Gegenden; jene wären wahrscheinlich noch viel heißer und diese noch viel kälter, wenn nicht die Luft zwischen beyden beständig circulirte. — In den kleineren Haushaltungen der Menschen wird der Wind als eine bewegende Kraft, z. B. für Schiffe und Mühlen gebraucht.

Physisch-chemische Eigenschaften der Atmosphäre.

378. Die bisher abgehandelten mechanischen Eigenschaften der Atm. waren nach der Erfindung der Luftpumpe mit ziemlicher Genauigkeit bestimmt worden; aber über die chemische Natur derselben wußte man lange Zeit nachher noch gar nichts: man ließ die atm. Luft für eine ganz gleichartige Flüssigkeit, und zwar für die einzige permanent-elastische gelten, die man mit Aristoteles den Elementen beyzählte. Erst im vorigen Jahrhunderte, als Black aus den milden Alkalien das kohlensaure Gas entwickeln lehrte, und als man den Verbrennungsprozeß einer genaueren Prüfung unterwarf, wurde man zur Entdeckung mehrerer von einander sehr verschiedener permanent-elastischer Flüssigkeiten geleitet. Bald darauf fand man, daß auch die Atm. aus mehreren Gasarten, aus Wasserdampf und aus andern sinnlich nicht wahrnehmbaren Stoffen zusammengesetzt ist.

379. Wenn man in einer Glocke eine Portion atm. L. absperret, und einen brennbaren Körper, z. B. Phosphor, darin entzün-

det, so brennt er nur eine Weile, und verzehrt nur einen Theil der Luft; in dem zurückbleibenden Theile derselben brennt er schlechterdings nicht weiter, so oft man ihn auch neuerdings anzünden mag. Dasselbe bemerkt man, wenn man in abgesperrter atm. Luft Metalle oxydirt: wenn ein gewisser Theil der Luft verbraucht ist, höret die fernere Oxydation auf, und ist durch kein Mittel, als durch Erneuerung der Luft, wieder in Gang zu bringen. Hat man edle Metalle, z. B. Quecksilber, auf diese Weise oxydirt, so gewinnen sie so viel am Gewichte, als der absorbirte Theil der Luft beträgt, und wenn man sie dann in höheren Feuersgraden reducirt, so erhält man dasselbe Gewicht der verbrauchten Luft wieder zurück, welche aber nun zur Unterhaltung des Verbrennens und der Oxydation bey weitem tauglicher als die gewöhnliche atm. L. ist, und bey diesen Prozessen ganz ohne Rückstand verzehrt wird. Thiere leben in abgesperrter atm. L. nur eine kurze Zeit: wenn durch ihr Athmen ein gewisser Antheil der Luft aufgezehrt ist, sterben sie, indem der zurückbleibende Theil zu diesem Geschäfte nicht mehr taugt. Aus diesen und noch anderen leicht zu vervielfältigenden Versuchen erhellet, daß die atm. Luft aus zwey Gasarten besteht, wovon die eine das Verbrennen, das Oxydiren und das Athmen zu unterhalten vermag; die andere aber zu allen diesen Geschäften nicht brauchbar ist. Jenen zur Unterhaltung des Lebens und der Flamme tauglichen Bestandtheil hat man Lebensluft, Oxygengas, Sauerstoffgas, diesen hingegen, weil Thiere darin ersticken, Stickgas oder Azotgas, geheißen.

380. Gleich nach der Entdeckung dieser zwey Gasarten in der Atm. lag viel daran, ihr quantitatives Verhältniß auszumitteln, und eine von der andern getrennt, isolirt darzustellen. Da wir bisher noch kein chemisches Reagens auf Stickgas kennen, indem dieses bloß durch negative Eigenschaften von den übrigen Gasarten sich unterscheidet, so muß man auf das Oxygengas wirken, und dieses durch Verbindung mit andern Körpern von dem Stickgas zu trennen suchen. Solche Körper, durch derer große Verwandtschaft zum Sauerstoffe dieses Gas von den übrigen Bestandtheilen der Atm. abgesondert werden kann, heißt man eudiometrische Stoffe, die Instrumente, derer man sich hierzu bedient, Eudiometer, und die ganze Lehre davon die Eudiometrie oder Luftgüte-Prüfungslehre; weil man anfänglich irrig meinte,

die Güte der atm. Luft zur Unterhaltung des Lebens und der Gesundheit hänge bloß von dem größeren oder geringeren Verhältnisse der Lebensluft in derselben ab.

381. Wir besitzen mehrere Eudiometer. — Fontana bediente sich in seinem Eudiometer nach Priestley des Salpetergas. Das Fontana'sche Eudiometer, welches nach Gay-Lussac's Verbesserungen, und bey Befolgung der von diesem (Gilb. Ann. 36, 37) angegebenen Vorschriften, ziemlich genaue Resultate liefert, und dabey in der Anwendung sehr bequem ist, bestehet aus dem Maße und aus der genau cylindrischen Eudiometer-Röhre. Das Maß (Fig. 158 *a*) wird aus einer kurzen Glasröhre A verfertigt, deren offenes Ende mit einer Messingfassung bcde versehen, und durch den luftdicht passenden Schuber f zu öffnen und zu schließen ist. Die Verlängerung der Fassung de dient als Trichter, um das Einfüllen der Gasarten zu erleichtern. Der Rauminhalt der Eudiometer-Röhre B (Fig. 158 *b*) von 4 bis 5 Linien im Durchmesser, muß den Inhalt des Maßes wenigstens drey Mahl übersteigen, und sie muß unten bey s, ebenfalls zur Erleichterung des Einfüllens, mit einer trichterförmigen Fassung versehen seyn. Uebrigens ist diese Eudiometer-Röhre in gleiche Theile so eingetheilt, daß 100 derselben genau dem Inhalte des Maßes A gleich sind. Die Manipulation geschieht im pneumatischen Wasser-Apparate mit Beobachtung aller oben (§. 97) für die Behandlung von Gasarten angegebenen Regeln. Man vermische in einem Trinkglase mit ebenem und breitem Boden Ein Maß Salpetergas mit Einem Maße der auf ihren Sauerstoffgehalt zu prüfenden atm. Luft: es zeigen sich rothe Dämpfe, nach derer Verschwinden man die rückständige Luft in die Eudiometer-Röhre steigen läßt. Sie sollte darin 200 Theile einnehmen, wenn von den zwey vermischten Maßen nichts verschwunden wäre; war aber die in Untersuchung gesetzte Luft sauerstoffhältig, so wird eine mit der Menge der Lebensluft im geraden Verhältnisse stehende Verminderung Statt haben, und die Luft in der Röhre statt 200 Theile, z. B. nur 116 Theile einnehmen; folglich sind 84 Theile verschwunden, weil sich 3 Theile Salpetergas dem Volumen nach mit Einem Theile Sauerstoffgas zu salpetriger Säure verbunden haben, und als solche von dem Wasser absorbirt worden sind. Daraus sieht man auch, daß nur der vierte Theil der Verminderung auf Rechnung des Sauerstoffgas zu setzen

ist, indem mit jedem einzelnen Theile dieser Gasart zugleich immer 3 Theile Salpetergas verschwinden. Man muß also die ganze Verminderung mit 4 dividiren, um in dem Quotienten die Procente des Sauerstoffgas in der untersuchten Luft zu erhalten. In dem angeführten Beyspiele erhält man $^{84}/_{4} = 21$ Procent Sauerstoffgas.

Statt jedes Maß in der engen Eudiometer-Röhre am Glase selbst in 100 Theile zu theilen, hat man diese Eintheilung meistens auf einem, an der genannten Röhre verschiebbaren messingenen Maßstabe a b (Fig. 158 c) angebracht. — Um durch dieses Eudiometer genaue Resultate zu erhalten, muß man eine zu lange Berührung des abgemessenen oder auch mit der zu untersuchenden Luft schon vermengten Salpetergas, noch mehr aber alles Schütteln mit dem Wasser vermeiden, sonst wird ein Theil des Salpetergas als solches vom Wasser verschluckt, und man erhält dann eine größere Verminderung, folglich auch ein unrichtig zu großes Verhältniß von Sauerstoffgas. Das Salpetergas muß zwar immer im Uebermaße vorhanden seyn, damit etwas davon nach Absorbtion der ganzen Lebensluft unverbunden zurückbleibe (weil im entgegengesetzten Falle statt salpetriger Säure, aus zwey Theilen Salpetergas und aus Einem Theile Sauerstoffgas bestehende Salpetersäure gebildet und vom Wasser absorbirt, und daher der Sauerstoffgehalt durch die Division der ganzen Verminderung mit 3 erhalten würde); allein um die Absorbtion des freyen Salpetergas vom Wasser nicht zu begünstigen, darf dieser Ueberschuß nicht zu groß seyn. Endlich wird auch empfohlen, die zu analysirende Luft zuerst in das weite Glas zu bringen, und ihr das Salpetergas zuzusetzen, und nicht in verkehrter Ordnung die zwey Gasarten zu mengen. Auf solche Art findet man in 100 Theilen atm. Luft beynahe immer dem Volumen nach 21 Theile Lebensluft. Da aber viele Nebenumstände, z. B. das Verhältniß des zugesetzten Salpetergas gegen das vorhandene Sauerstoffgas, die Schnelligkeit der Vermengung, die Oberfläche des Wassers, Ruhe oder Bewegung, Schütteln, und wahrscheinlich auch die Temperatur bewirken können, daß sich nebst der salpetrigen Säure bald mehr und bald weniger Salpetersäure bildet; so bleibt dieses Eudiometer, ungeachtet der vielen Verbesserungen von Humboldt und Gay-Lussac (in Gilb. A. 3, 85 und 36, 50), doch immer eines der unsichersten, und man bedienet sich desselben nicht gerne zu genaueren Versuchen.

382. In dem Volta'schen und in dem Döbereiner'schen Eudiometer ist das Wasserstoffgas die eudiometrische Substanz. Das Volta'sche Eudiometer ist eine 1 ½ Zoll weite, genau cylindrische, oben und unten mit messingenen Fassungen verse-

hene, starke Glasröhre (Verpuffungsröhre) AB (Fig. 159). Die obere Fassung ab, welche mittelst des Hahnes x geöffnet und geschlossen werden kann, erweitert sich nach oben in die kleine Schüssel cde, in welchen eine zweyte, engere, der Fontana'schen ähnliche Maßröhre fg so angesteckt werden kann, daß sie bey geöffnetem Hahne mit der Verpuffungsröhre communiciret. Durch diese Fassung geht zugleich ein isolirter Metalldraht y zur Durchleitung des elektr. Funkens in die Verpuffungsröhre. Die untere ebenfalls mit einem Hahne z versehene Fassung, erweitert sich in den hohlen, trichterförmigen Fuß hkl. Beyde Fassungen sind durch Messingstreifen verbunden, an denen die Eintheilung des Inhalts der Röhren angemerkt seyn kann. — Beym Versuche selbst sind beyde Röhren sammt der kleinen Schüssel cde und dem Fuße mit Wasser gefüllt (zur Herausschaffung der Luft aus dem Fuße, ohne das ganze Instrument unter Wasser umkehren zu müssen, dient der kleine Schuber n), die Maßröhre an die Verpuffungsröhre gesteckt, der obere Hahn geschlossen. Das Instrument steht auf dem Brete des Wasser-Apparates. Nun läßt man in die Verpuffungsröhre Ein Maß der zu untersuchenden Luft und zwey Maß Wasserstoffgas steigen, aus einer Leidner Flasche einen Funken durch den Drath y in das Gasgemenge schlagen, worauf mit einer Verpuffung die Grundlage des Sauerstoffgas und des Wasserstoffgas sich zu Wasser verbinden, und daher das Gasgemege an Volumen abnimmt. Nach diesem öffnet man den oberen Hahn x, durch welchen die rückständige Luft in die enge Maßröhre fg steigt, in welcher man die Verminderung genau bestimmen kann. Diese Verminderung theilt man mit 3, (indem bey der Wasserbildung Ein Raumtheil Sauerstoffgas zwey Raumtheile Wasserstoffgas zur Verbindung erfordert); so erfährt man den Gehalt der untersuchten Luft an Lebensgas. — Döbereiner's Eudiometer bestehet aus einer einfachen Glasröhre, worin ein genau gemessenes Gemenge von atm. L. und Wasserstoffgas der Einwirkung eines Kügelchens von Platinschwamm (§. 338) so lange ausgesetzt wird, als man noch eine Gasverminderung bemerkt. Dieses Eudiometer unterscheidet sich von dem Volta'schen bloß dadurch, daß die Verbindung des Sauerstoffgas mit dem Wasserstoffgas nicht durch den elektr. Funken, sondern durch Platinschwamm langsam und ohne Verpuffung bewirkt wird.

Wenn das Sauerstoffgas mit dem Wasserstoffgas in einem gewissen

quantitativen Verhältnisse stehet, gibt das Volta'sche Eudiometer (welches man eben so gut zur Prüfung eines Luftgemenges auf Wasserstoffgas brauchen kann) nicht nur sehr schnelle, sondern auch sehr richtige Resultate: allein so bald die Menge des Sauerstoffgas 10 Mahl größer ist als die des Wasserstoffgas, so erfolgt die Entzündung und Verbrennung nur sehr unvollkommen, und gar nicht mehr, wenn jene 16 Mahl größer ist. Auf dieselbe Art kann durch eine große Menge Wasserstoffgas oder auch Stickgas, das Sauerstoffgas so ersäuft werden, daß die Entzündung unmöglich wird (§. 337). In beyden Fällen kann man sich helfen, wenn man eine bestimmte Menge der in einem zu geringen Verhältnisse vorhandenen Gasart zusetzet, und diese dann vom End-Resultate wieder abzieht. Dieses End-Resultat kann zwar auch unter gewissen Umständen durch die Verbindung eines Theils des Stickstoffs mit Sauerstoffe zu Salpetersäure, welche durch die mit ins Spiel kommende Elektricität begünstigt wird, etwas unrichtig werden; das Volta'sche Eudiometer gibt indessen doch die übereinstimmendsten Resultate (Humboldt in Gilb. A. 20, 26, 23, 29; Biot in Gilb. A. 28; Berthollet in Gilb. A. 34. Ueber die Mängel des Volta'schen Eudiometers siehe Th. v. Saussure in Gilb. Ann. 54, 222; dann Gay-Lussac, der zugleich eine Vereinfachung dieses Apparates angibt, in Gilb. Ann. 56, 195). — Döbereiner hat beynahe allen Unvollkommenheiten des Volta'schen Eudiometers abgeholfen. Weil der reine Platinschwamm in einem etwas größeren Gemenge von atm. L. und Wasserstoffgas leicht Entzündung und Verpuffung veranlasset, so versetzet man ihn mit Thon und bildet Kügelchen daraus, die man an einen Draht gesteckt in das Gasgemenge taucht. Turner verfertigte solche Kügelchen aus 12 verschiedenen Verhältnissen, 20 Gewichtstheile bis auf 200 Gthle. Pfeifenthon nebst 150 Thln. Kieselerde auf 100 Thle. Platinschwamm, und fand, daß sie ein Gemenge von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas bey einem auch noch so großen Uebermaße des einen, oder bey der größten Verdünnung mit andern Gasarten (z. B. mit der 100fachen Menge von Stickgas) noch zu Wasser verdichteten, daß man aber in dem letzten Falle, um nicht so lange warten zu dürfen, platinschwammreichere Kügelchen anwenden müsse, welche bey einem wenig verdünnten Gemenge einer mehrere Kubik-Zoll betragenden Knallluft leicht Entzündung veranlassen, daher für dieses die thonreicheren Kügelchen bestimmt sind; daß diese Kügelchen mit der Zeit ihr Wasser erzeugendes Vermögen nicht verlieren, und wenn es geschwächt worden ist, durch kurzes Ausglühen in der Löthflamme wieder erhalten. Die Absorbtion der übrig bleibenden Gasarten durch das poröse Kügelchen kann zu einiger Unsicherheit Veranlassung geben, die aber um so kleiner ist, je größer das Volumen des untersuchten Gasgemen-

ges wird: (Döbereiner's neuentdeckte, höchst merkwürdige Eigenschaften des Platin's, Jena 1823, Seite 8. — Children und Daniell im *J. of science* 32, 374. Turner im *Edinb. phil. J.* 21, 99). Hare meint, die Anwendung des Volta'schen Eudiometers dadurch bequemer gemacht zu haben, daß er sich zum Messen der Lüfte einer mit dem Verpuffungsgefäße communicirenden, gläsernen, richtig graduirten Saugpumpe (Saugröhre) bedient; allein unmöglich kann man damit genaue Resultate erhalten (Baumgartner's Zeitschrift 1, 192).

383. Scheele bediente sich als eudiometrischen Körpers der Schwefelalkalien (Schwefellebern). Sein Verfahren wurde von De Marti und Berthollet (in Gilb. A. 19 u. 28) verbessert. Man mißt in der Fontana'schen Eudiometer-Röhre eine bestimmte Menge der zu untersuchenden Luft ab, läßt sie hernach in eine mit kalt bereiteter, concentrirter Auflösung eines Schwefelalkali (schwefelwasserstoffsauren Alkali) gefüllte Flasche streichen, welche luftdicht verschlossen und 5 Minuten lang geschüttelt wird. Dann mißt man die Luft wieder in der Eudiometer-Röhre ab; die Verminderung kommt auf Rechnung der Lebensluft. Zur größeren Sicherheit wiederhohlt man das Schütteln mit Schwefelakali-Lösung in kaltem Wasser noch ein Mahl, um zu sehen, ob keine weitere Verminderung mehr erfolgt.

Dieses Eudiometer ist sehr einfach und wohlfeil, das Verfahren ganz kunstlos, und gibt doch ziemlich übereinstimmende Resultate. Nach Kirwan soll bey der Einwirkung von Schwefelalkalien auf atm. L. durch Ammoniak-Erzeugung etwas Stickgas absorbirt, und daher sollen mittelst dieses Eudiometers immer durch scheinbare Vergrößerung des Sauerstoffgasantheils fehlerhafte Resultate erhalten werden. Ist die Schwefelleberlösung heiß bereitet und daher luftleer, so saugt sie beym Abkühlen eine Portion Stickgas ein. Daraus läßt sich erklären, warum Scheele 27 Procent Sauerstoffgas in der Atmosphäre fand. Nach Bischoff's und Sommer's Versuchen (Schweigger's J. 43, 137) absorbirt Schwefelleberlösung beynahe von jeder Gasart ein gewisses Verhältniß.

384. Berthollet's Phosphor-Eudiometer besteht aus einer Fontana'schen Eudiometer-Röhre, in die man eine bestimmte Menge der zu untersuchenden Luft füllt. Dann steckt man ein an einem Glasstäbchen befestigtes Phosphorstängelchen durch die ganze Luftsäule hindurch, und läßt die mit dem unteren Ende in Wasser

getauchte Röhre so lange stehen, bis sich keine weißen Dämpfe mehr bilden. Darauf nimmt man den Phosphor heraus, bemerkt die Absorbtion der Luft, vermehrt sie um den 40sten Theil des Rückstandes, so weiß man das Verhältniß des Sauerstoffgas in der untersuchten Luft. Der Phosphor hat sich hierbey in Dämpfe aufgelöset, dann mit dem Sauerstoffe zu phosphoriger Säure verbunden, und ist als solche vom Wasser absorbirt worden. Weil aber etwas Phosphordampf mit dem Stickgas verbunden zurückbleibt und dessen Volumen um 1/40 vergrößert; so wird die Verminderung durch Absorbtion des Sauerstoffes dadurch um eben so viel zu gering angezeigt, und muß durch Hinzuzählen dieses 40sten Theiles des zurückbleibenden, mit Phosphordämpfen gemengten Stickgas berichtigt werden. — In dem Reboul'schen und Seguin'schen Eudiometer wird der zu untersuchenden Luft der Sauerstoff durch rasch verbrennenden Phosphor entzogen. Um das Zerspringen der Gefäße zu vermeiden, muß man die zu prüfende Luft nur in kleinen Blasen in einen mit Quecksilber gefüllten Glascylinder steigen lassen, in dessen oberster Wölbung ein Stückchen Phosphor durch ein genähertes heißes Eisenstück geschmolzen erhalten wird. Thenard's Einwendungen gegen die Phosphor-Eudiometer, wegen des angeblichen Kohlenstoffgehaltes des reinsten Phosphors, sind von Vogel widerlegt worden. Nach Th. v. Saussure soll, nachdem alles Sauerstoffgas verzehrt worden ist, von der neu erzeugten phosphorigen Säure das Wasser zerlegt, und mit dem dadurch freygewordenen Wasserstoffgas das zurückgebliebene Stickgas-Volumen vermehrt werden.

Davy bediente sich als eudiometrischer Substanz einer mit Salpetergas geschwängerten Lösung von schwefelsaurem oder salzsaurem Eisen: das Resultat wird durch etwas Salpetergas, welches zu Ende der Operation die Lösung verläßt, und sich der Stickluft beymengt, leicht unrichtig. Auch andere Metallsalzlösungen, die eine große Neigung zur höheren Oxydation haben, wie auch leicht flüssige und leicht oxydirbare Metalle wurden als eudiometrische Körper vorgeschlagen, stehen aber den bereits angebenen bey weitem nach.

385. Weil nach allen beschriebenen, eudiometrischen Verfahrungsarten das Verhältniß des Sauerstoffes dem Volumen nach gefunden wird; das Volumen der Luft aber, bey stets gleicher Menge derselben, durch Aenderung ihrer Dichtigkeit größer oder kleiner

wird: so muß man ein vorzügliches Augenmerk darauf wenden, daß man zu Ende jedes einzelnen Versuches Luft von derselben Dichtigkeit messe, als man im Anfange zur Untersuchung genommen hatte, und daß, wenn man mehrere vergleichende Versuche macht, diese mit Luft von gleicher Dichtigkeit geschehen. Die Dichtigkeit der Luft hängt aber vorzüglich von dem Drucke der Atm. und von der Temperatur ab. Wenn während eines Versuches der Druck der Atmosphäre, also der Barometerstand, sich ändert, so wird die rückständige Luft nicht denselben Raum einnehmen, welchen sie eingenommen hätte, wenn keine Veränderung im Barometerstande vorgefallen wäre. Ist das Quecksilber im Barometer gestiegen, so wird das Volumen der Luft kleiner, ist es gefallen, so wird das Volumen größer seyn. Man bringt bey verändertem Barometerstande den Rauminhalt der rückständigen Luft auf jenen zurück, welchen sie bey dem zu Anfange des Versuches Statt habenden Barometerstande einnehmen würde, wenn man den Rauminhalt der rückständigen Luft mit dem gleichzeitigen Barometerstande multipliciret, und das Product durch den Barometerstand beym Anfange des Versuches dividirt (§. 369). Z. B. bey einem Barometerstande von 330 Linien bleiben 100 K. Zoll Luft zurück; beym Anfange des Versuches stand aber das Barometer 336 Linien hoch; welchen Raum würden also jene 100 K. Zoll Luft bey 336 Linien Barometerhöhe einnehmen? $(100 \times 330) : 336 = 98{,}2$ K. Zoll. Die in Röhren mit Wasser abgesperrten Gasarten halten nur dann den ganzen Druck der Atm. aus, wenn das Wasser in der Röhre eben so hoch stehet, als das äußere, absperrende Wasser: steht das Wasser in der Röhre höher, so erleidet die abgesperrte Luft einen geringeren Druck, ist also dünner; steht das Wasser in der Röhre niedriger als das äußere, so wird jene Luft mehr zusammengepreßt, also verdichtet. Wenn es möglich ist, muß man also die Maßröhren immer so weit eintauchen, daß das Wasser in und außer der Röhre gleich hoch stehet. Zu diesem Zwecke hat die Fontana'sche Eudiometer-Röhre gewöhnlich eine eigene Wasserwanne in Gestalt eines hohen messingenen Cylinder-Gefäßes, welches zugleich die Stelle des Futterals vertritt m m n n (Fig. 158 *c*). Wo dieses Einsenken nicht angeht, berechnet man das wahre Volumen, wenn man von der Höhe des Wassers beym ganzen Drucke der Atm. (381 Zoll) die Erhebung des Wassers in der Röhre über den äußeren Wasserspiegel (z. B. 5 Zoll) abziehet, mit

der Differenz (376) das in der Röhre enthaltene Luft-Volumen (z. B. 200 K. Zoll) multiplicirt, und das Product mit der ersten Zahl (381) dividiret. In dem hier gegebenen Beyspiele erhält man statt 200 K. Zoll Luft nur 197. — Fallen während eines eudiometrischen Versuches Aenderungen in der T. vor, so wird durch eine Erhöhung derselben das Luft-Volumen vermehrt, durch ein Sinken vermindert, und dadurch eine Correction nothwendig werden, die jener des Barometerstandes wegen der T. des Quecksilbers (§. 366) ähnlich ist. Da sich die Luft für jeden R. Grad Erwärmung um 1/213 ihres Volumens beym Eispuncte ausdehnet; so muß man die R. Grade, welche das Gas zu Anfange des Versuches zeigt, zu 213 addiren, dasselbe auch mit den R. Graden thun, welche das Gas am Ende des Versuches zeigt, dann die Proportion ansetzen: wie sich diese zwey Summen zu einander verhalten, so verhält sich das Gasvolumen zu Ende des Versuches zu jenem, welches dasselbe bey der T. zu Anfange des Versuches einnehmen würde (§. 290*). Weil wegen der bey ungleichen Temperaturen verschiedenen Menge von Wasserdämpfen, welche mit Wasser in Berührung stehende Gasarten aufnehmen, noch eine eigene Correction nothwendig würde: so ist es besser, während der Versuche einerley T. zu unterhalten.

Um das Erwärmen der in Untersuchung befindlichen Luft durch die Hand zu vermeiden, muß man das Instrument immer dort anfassen, wo der Luft die Wärme nicht so leicht mitgetheilt werden kann. Beym Fontana'schen Eudiometer dienen die 3 Spitzen mn (Fig. 158 *c*) des Maßstabes, um darauf die Röhre in der eigenen Wanne, ohne Berührung mit der Hand, auf der rechten Höhe senkrecht zu stellen. (Dr. J. A. Scherer's Geschichte der Luftgüte-Prüfungslehre für Aerzte und Naturfreunde. 2 Bde. Wien 1785. — F. E. Vogel in Schweigg. J. 5, 265. Bischoff in Schweigg. J. 41, 337 u. 42, 285. G. G. Schmidt a. a. O. 44, 129).

386. Nach den genauesten eudiometrischen Versuchen hat man bisher überall den Sauerstoffgehalt der atm. Luft von 21 bis 22 Procent dem Volumen nach nicht bedeutend abweichen gefunden, selbst in solcher Luft, deren schädlicher Einfluß auf die thierische Oekonomie entschieden war, z. B. in Luft aus den obersten Regionen überfüllter Theater, aus Krankensälen, Gefängnissen u. dgl. — Indem das sp. Gewicht des Sauerstoffgas zu jenem des Stickgas sich wie 1,1026 zu 0,9760 verhält, so fällt das Verhältniß der zwey Gasarten in der atm. Luft, dem Gewichte nach, etwas anders aus,

indem auf 100 Gewichtstheile atm. Luft über 23,26 Gewichtstheile Sauerstoffgas kommen: 100 K. Zoll atm. Luft enthalten also 21 K. Zoll Sauerstoffgas: in 100 Gran jener Luft aber sind 23,26 Gran Sauerstoffgas enthalten.

De Martin hat in Spanien, Berthollet in Aegypten und Frankreich, Davy in England, sowohl einheimische als von der Küste von Guinea eingeschickte, Gay-Lussac aus einer mittelst des Luftballs erreichten Höhe von 3637 W. Klaftern mitgebrachte Luft eudiometrisch untersucht, und in jeder das oben angegebene Verhältniß der Bestandtheile gefunden. — Vielleicht war urspünglich das Verhältniß von Sauerstoffgas in der Atm. viel beträchtlicher; allein es wurde davon zu viel verbraucht, indem alle Erden und Alkalien, das Wasser, alle vegetabilischen und animalischen Substanzen, eine große Menge Sauerstoff als Bestandtheil enthalten, und daher bey ihrer Entstehung (oder ersten Präcipitation) eine ungeheure Menge desselben binden mußten. — Da ein Mensch in einer Luft, welche bloß irrespirable aber keine giftigen Beymengungen enthält, so lange leben kann, als ein Licht darin gut brennt: so ist es ein Mittel sich von dem hinlänglichen Sauerstoffgehalte der Luft an gewissen verdächtigen Orten, z. B. in Höhlen, in Kellern oder Gewölben, in Stollen und Brunnen, die lange verschlossen waren, u. dgl. zu überzeugen, wenn man an einer Stange ein Licht vor sich herträgt: so bald dieses zu verlöschen droht, ist es hohe Zeit umzukehren.

387. Die atm. L. läßt nach gänzlicher Entziehung des Sauerstoffgas, nicht reines Stickgas zurück, sondern dieses enthält noch etwas kohlensaures Gas (fixe Luft, Luftsäure). Von der Gegenwart der gasförmigen Kohlensäure in der Atm. kann man sich sehr leicht überzeugen: wenn man reine Alkalien eine Zeit lang der Luft aussetzet, so erhalten sie dadurch die Eigenschaft, mit andern Säuren, welche die Kohlensäure wieder als Gas ausscheiden, zu brausen; Kalk und Barytwasser werden an der freyen Luft trübe, bedecken sich mit einem Häutchen, welches immer dicker, und später so schwer wird, daß es zu Boden fällt, worauf ein neues Häutchen entsteht, bis endlich der ganze aufgelöste Kalk oder Baryt sich mit Kohlensäure verbunden, und als ein unauflösliches Präcipitat ausgeschieden hat; eben so verbinden sich einige Metalloxyde an der Luft mit Kohlensäure: so besteht z. B. der Eisenrost größten Theils aus kohlensaurem Eisen. Man müßte sich wundern, wenn man in der Atm. keine Kohlensäure fände, da beym Verbrennen, Athmen, und bey andern chem. Kunst- und Natur-Prozessen so viel Kohlen-

säure in die Atm. strömet. Humboldt hat ein Instrument unter dem Nahmen Anthrakometer angegeben, mittelst dessen man den Gehalt an Kohlensäure sowohl in den atmosphärischen als auch in andern Luftgemengen genau anzugeben im Stande seyn soll. Es besteht (Fig. 160) aus der gebogenen Röhre a b c mit der Kugel c d, dann aus der geraden, oben bey der Fassung g mit einer Schraube zu verschließenden, in 100 gleiche Theile eingetheilten Röhre g h, welche an die gebogene Röhre bey a luftdicht angeschraubt werden kann. Man fülle die gebogene Röhre sammt der Kugel voll mit Kalk- oder Barytwasser, und die Maßröhre g h mit der zu untersuchenden Luft, schraube sie unter Wasser aneinander, bringe dann durch zweckmäßige Bewegungen die Luft in die Kugel, und lasse sie einige Tage ruhig stehen; dann bringe man bey fortwährend geschlossenem Instrumente die Luft wieder aus der Kugel in die Röhre, schraube sie unter Wasser ab, setze sie auf den Druck der Atm., und beobachte, ob sie eine Raumverminderung erlitten hat: diese Verminderung kommt auf Rechnung der kohlensauren Luft, welche sich bey der großen Berührungsfläche in der Kugel mit dem Kalke oder Baryte der alkalischen Auflösung zu kohlensaurem Kalke oder Baryte verbunden hat. Nach Humboldt, welcher Luft beynahe aus allen Höhen der Atm., zu denen man bisher gelangt ist, untersucht hat, enthält sie fast allenthalben zwischen einem halben und einem ganzen Procent Kohlensäure. Das Mittel davon wäre 3/4 Proc., welches etwas über 1 Proc. dem Gewichte nach macht. Nach Th. v. Saussure's genauen Untersuchungen enthält die freye Atm. im Mittel wenig über 0,00055 Raumtheile kohlensaures Gas.

Da durch das Verbrennen der meisten Vegetabilien, durch das Athmen der Thiere, und durch andere auf der Oberfläche und im Innern der Erde vorgehende Operationen so viel Kohlensäure in die Atm. kommt; so müßte bey weitem mehr als 1 Procent darin gefunden, ja durch dieselbe das Sauerstoffgas bald ganz verdrängt, und hiermit der Tauglichkeit der Atm. zum Athemhohlen, welches schon in einer Luft mit 1/5 kohlens. Gas sehr beschwerlich wird, das Ziel gesetzt werden, wenn nicht die Kohlensäure zu verschiedenen Zwecken wieder eben so häufig verbraucht, und der Atm. entzogen würde, als sie durch die genannten Prozesse darin erzeugt wird: so wird z. B. durch den Vegetations-Prozeß die Kohlens. zersetzt und dafür Sauerstoff ausgeschieden. Durch diese und noch andere eben so weise Einrichtungen werden die Hauptbestandtheile der Atm. immer auf demselben quanti-

tativen Verhältnisse, und dadurch für die verschiedenen Functionen der Erdbewohner, wovon wechselseitig immer eine Classe das erzeugt, was die andere braucht, gleich tauglich erhalten. Berechnungen hierüber findet man in Parrot's Physik der Erde, S. 405. Die Wiedererzeugung des durch das thierische Leben und durch andere Oxydations-Prozesse verbrauchten Oxygengas durch den Vegetations-Prozeß wird von Vielen in Zweifel gezogen. Das Licht ist wohl die vorzüglichste desoxydirende Potenz, und selbst aus lebenden Pflanzen entwickelt sich nur unter seinem Einflusse Sauerstoffgas (§. 234*). Th. v. Saussure fand das Verhältniß der Kohlensäure in der Atm. im Sommer etwas größer als im Winter, weil aus der, während des Sommers in Gährung begriffenen Pflanzenerde (Humus) sich Kohlensäure entwickelt, im Winter aber diese Gährung still stehet, zu jeder Jahreszeit um Mitternacht etwas größer als zu Mittag (vielleicht weil Nachts die Strömung der Luft nach aufwärts nicht Statt hat); in Städten größer als auf dem Lande. Im Winter fand er in der atm. L. vom Lande 0,000479, im Sommer 0,000713 Raumtheile kohlensaures Gas. In der Luft eines Zimmers, welches nicht geheitzt wurde, und in welches seit 12 Stunden Niemand gekommen war, fand er 0,00068 Rtheile., und nachdem die Nacht über zwey Menschen in demselben geschlafen hatten, 0,00156 Rtheile. kohlens. Gas, ohne in dem Sauerstoffgasgehalte dieser Luft in den zwey Zeiträumen eine Verschiedenheit auffinden zu können.

388. Die in der Atmosphäre enthaltenen, permanent-elastischen Flüssigkeiten oder eigentlichen Lüfte sind also: Stickgas, Sauerstoffgas, und kohlensaures Gas, und zwar in folgendem Verhältnisse:

a) dem Volumen nach:		b) dem Gewichte nach:	
Stickgas	0,789	Stickgas	0,7677
Sauerstoffgas	0,210	Sauerstoffgas	0,2308
Kohlensaures Gas	0,002	Kohlensaures Gas	0,0015
	1,000		1,0000

Man sollte in der Atm. wohl auch reines und gekohltes Wasserstoffgas vermuthen, weil diese zwey Gasarten sich unter gewissen Umständen, z. B. das letztere sehr häufig aus stehenden Wässern bey warmem Wetter, entwickeln: allein entweder werden diese zwey Gasarten sogleich, wie sie in die Atm. kommen, wieder zersetzt und verbraucht, oder unsere Instrumente sind nicht genau genug, kleine Quantitäten derselben anzugeben; kurz man hat von denselben in der Atm. bisher noch keine Spur entdecken können, ausgenommen an den Orten ihrer Erzeugung, z. B. in der Nähe der Mündungen von Vulkanen. — Nach Parrot besteht die äußerste Gränze unsers Luftkreises aus

Wasserstoffgas (Physik der Erde S. 408). Diese Behauptung widerspricht den Gesetzen, nach denen sich elast. flüssige Substanzen unter einander verbreiten (§. 90).

Wasser als Gemengtheil der Atmosphäre.

389. Daß die Atm. Feuchtigkeit enthalten muß, können wir schon daraus schließen, weil wir eine so große Menge Wasser in derselben verdünsten oder als unsichtbaren Dampf verschwinden sehen. Daß das Wasser beym Verdünsten nicht in seine Bestandtheile zersetzt wird, sondern als Wasser in der Atm. enthalten ist, wird dadurch bewiesen, weil es sich aus derselben wieder abscheiden läßt: so zerfließen mehrere Salze, z. B. die salzsauren und salpetersauren Kalk- und Bittererdesalze u. n. v. a. an der Atm. durch Anziehen von Feuchtigkeit; die in offnen Gefäßen der Luft ausgesetzte Schwefelsäure wird durch Wasseranziehen verdünnt, nimmt an absolutem Gewichte zu, an specifischem ab. Eben so wird die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit öfters freywillig als Regen, Schnee, Hagel, Thau, u. dgl. präcipitirt. Nebel und Wolken werden dadurch gebildet, daß das in der Atm. vorhandene Wasser während seines Ueberganges aus dem elastisch-flüssigen in den tropfbaren Zustand die unsichtbare Dampfform mit der sichtbaren Bläschenform vertauscht (§. 317). Auch in der scheinbar trockensten Luft bey anhaltend heiterer, heißer Witterung im Sommer, beschlägt ein kalter Metall- oder Glas-Cylinder, indem sich aus der Luft Wasser an ihn absetzt: eben so zeigt sich nach dem heißesten, trockensten Sommertage des Nachts öfters der häufigste Thau (§. 321*). Diese und noch eine Menge anderer Erscheinungen setzen außer Zweifel, daß in der Atm. **immer** Feuchtigkeit sowohl in unsichtbarer als in sichtbarer Form vorhanden ist.

Der Wassergehalt der atm. Luft ist zum Bestehen des Lebens der Luftthiere und Pflanzen eben so unumgänglich nothwendig, als der Luftgehalt des Wassers eine unerläßliche Lebensbedingung der Wasserthiere und Pflanzen ist; indem jene in ganz wasserfreyer Luft eben so wenig als diese in ganz luftfreyem Wasser fortleben können.

390. Wie es eudiometrische Substanzen gibt, die zum Sauerstoffe eine große V. besitzen, eben so haben wir auch **hygrometrische** oder **hygroskopische Körper**, d. h. solche, welche eine ausgezeichnete Anziehung zum Wasser äußern, und sich mit

demselben in was immer für einer Form verbinden. Wird ihnen das Wasser im starren Zustande als Schnee oder Eis dargebothen, so schmelzen sie es, um es im tropfbaren Zustande aufzunehmen: darauf beruht die Wirksamkeit der meisten Kälte erregenden Mischungen (§. 322). Kommen sie mit Wasser im elastisch-flüssigen Zustande, also mit Wasserdämpfen in Berührung, so condensiren sie dasselbe zu tropfbarem Wasser und saugen dieses ein. Die Verwandtschaft dieser Körper zum Wasser ist öfters eine wahre chem. V., wie z. B. jene der Schwefelsäure, der sogenannten zerfließlichen Salze u. dgl.; manches Mahl nur jene der Capillatität ähnliche Anziehung poröser Substanzen, von welcher §. 112 die Rede war, wie dieß z. B. bey der Kohle, bey Holz, Papier, bey Haaren u. dgl. der Fall ist, wobey der Wasserdampf sogar nicht immer in tropfbares Wasser verwandelt zu werden, sondern, wie z. B. in den Poren der Kohle, nur als Dampf mehrmahls verdichtet zu werden scheint. Die hygroskopischen Substanzen verändern im Verhältnisse der aufgenommenen Feuchtigkeit ihr Gewicht, ihr Volumen oder ihre Gestalt: so sind z. B. die oben genannten zerfließenden Salze, die Schwefelsäure u. dgl. m. hygroskopische Substanzen, welche durch Zunahme des Gewichtes die Menge der aus der Luft angezogenen Feuchtigkeit angeben; Stricke, Darmsaiten u. a. m. verkürzen sich beym Feuchtwerden, indem sie zugleich dicker werden; Holz quillt nach der Länge der Fibern beynahe gar nicht, aber nach der Breite bedeutend auf; Menschenhaare, Fischbein, Elfenbein, Pergament, Federkiele und dergl. m. werden durch das Anziehen von Feuchtigkeit länger.

So gehöret auch das Weltauge, der Wasserstein, die Carlina acaulis, die Grannen von Rauhhaber (Avena fatua), die schneckenförmig gewundenen Grannen der Samenhäute einiger Reiherschnabelarten, vorzüglich des Erodium gruinum und ciconium, die vegetabilische Fiber überhaupt, z. B. Holz, Papier u. dgl. m. unter die hygroskopischen Substanzen.

391. Wenn hygroskopische Substanzen mit einer solchen Vorrichtung verbunden werden, daß man die Veränderungen in ihrem Gewichte oder Volumen, oder in ihrer Figur, messen oder wenigstens deutlich erkennen kann, so hat man ein Hygrometer oder ein Hygroskop. Die Ausmittelung des Verhältnisses von Wasserdämpfen in einem Gemenge elastisch-flüssiger Substanzen, nahmentlich in der Atm., ist die Aufgabe der Hygrometrie.

392. Saussure brauchte als hygroskopische Substanz ein blondes Haar von einem lebenden Menschen, welches er, um es von der anklebenden Fettigkeit zu befreyen, einige Minuten lang in einer schwachen Sodalauge kochen, dann in reinem Wasser gut auswaschen ließ. Dieses Haar a b (Fig. 161) spannt er in den Rahmen ABCD so ein, daß es oben bey a festhängt, bey b aber um die halbe Rolle b c geschlagen, und am unteren Theile derselben bey c befestigt ist, und daher die Rolle, wenn es angespannt wird, in der Richtung von c x b zu drehen trachtet. In der zweyten Rinne an der Peripherie derselben Rolle hängt ein mit einem Seidenfaden ganz oben bey b befestigtes, drey bis vier Gran schweres Gewicht herab, welches die Rolle in entgegengesetzter Richtung zu bewegen strebt, und dadurch das Haar immer gespannt erhält. Die Drehungen der Rolle werden durch den mit ihr verbundenen Zeiger d f auf dem Zifferblatte (Scale) g h vergrößert angegeben. Wird das Haar durch Feuchtigkeit länger, so sinkt das Gewichtchen herab, und der Zeiger wird von 0 der Scale gegen das mit 100 bezeichnete Ende derselben gedreht; verkürzt sich das Haar wieder beym Verluste der Feuchtigkeit, so drehet es die Rolle in entgegengesetzter Richtung, und der Zeiger sinkt gegen 0 herab. Um seine Instrumente übereinstimmend zu machen, bestimmte Saussure den Grad der höchsten Feuchtigkeit und der größten Trockenheit der Luft als fixe Puncte auf folgende Art. Zuerst brachte er das Instrument in Luft, die unter einer Glocke mit Quecksilber abgesperrt, und mittelst einer glühend geschmolzenen Masse von verpufftem Salpeter und Weinstein möglichst getrocknet war: auf diese Weise erhielt er den Punct der größten Trockenheit, den er mit 0 bezeichnete. Der mit 100 bezeichnete Punct der größten Feuchtigkeit wurde gefunden, indem Luft in einer gläsernen Glocke, deren Wände mit Wasser befeuchtet waren, über Wasser abgesperrt, und das Instrument darin durch einige Stunden aufgehängt wurde, bis sich das Haar gar nicht mehr weiter verlängerte. Es gibt Haare, welche nie aufhören sich zu verlängern, diese taugen nicht zu hygrometrischen Substanzen. — In dem De Luc'schen Hygrometer ist ein feines Streifchen nach der Breite der Fasern gearbeitetes Fischbein die hygrometrische Substanz, der Grad der größten Feuchtigkeit durch Eintauchen in Wasser selbst, und der Punct der größten Trockenheit in einer mit lebendigem Kalke möglichst getrockneten Luft be-

stimmt. — Leslie's hygrometrisches Verfahren gründet sich auf die Erfahrung, daß beym Verdünsten Kälte erzeugt wird, und auf die Annahme, daß die durch's Verdünsten in einer gewissen Luft erzeugte Kälte mit der Trockenheit, d. h. mit dem Abstande derselben vom Sättigungspuncte mit Wasser im geraden Verhältnisse stehet. Wilson's Hygrometer bestehet aus einer gereinigten Rattenblase, welche an das untere, etwas umgestülpte Ende einer Thermometerröhre fest angebunden und bis zu einer gewissen Höhe in der Röhre mit Quecksilber gefüllt ist. Beym Feuchtwerden dehnt sich die Blase aus und das Quecksilber fällt in der Röhre; beym Trocknen der Blase muß aus der entgegengesetzen Ursache das Quecksilber steigen. Der Punct der größten Feuchtigkeit wird durch Eintauchen des Instrumentes bis über die Blase in Wasser von + 12° R., und der Punct der größten Trockenheit durch längeres Aufhängen in einer Glocke über concentrirter Schwefelsäure bestimmt.

In Gilb. A. 59, 306 ist Chiminello's, von Kummer verbessertes Hygrometer beschrieben, in welchem eine fein geschabte Federkielspule die Stelle der Rattenblase (in Wilson's Hygrometer) vertritt. Beyde Instrumente wirken zugleich thermometrisch, worauf bey dem Gebrauche zu achten, und welches bey der Angabe der Resultate mit in Rechnung zu bringen ist. — Die mancherley als Witterungsverkündiger in den gewöhnlichen Haushaltungen gebrauchten, mit allerley Spielereyen verbundenen Hygrometer, z. B. die Regenschirmträger, Capuziner, mit auf- oder abgesetzter Capuze u. dgl., beruhen alle auf den oben angegebenen Grundsätzen, die in ihnen gebrauchte hygrometrische Substanz mag auch noch so verschieden, und durch den Mechanismus noch so sehr versteckt seyn. — Das Hygrometer des Prof. August in Berlin (von ihm Psychrometer genannt) beruhet ganz auf dem Leslie'schen Grundsatze. Zwey ganz gleiche, correspondirende, noch Zehntheile von R. Graden deutlich angebende Thermometer, sind an einem Bretchen neben einander so befestigt, daß ihre Kugeln frey in die Luft hängen; die Kugel des einen Thermometers ist mit Musselin umwickelt, der befeuchtet, und durch Eintauchen eines von ihm abgehenden Streifens in ein hinter dem Brete stehendes Wassergläschen stets gleich feucht erhalten wird; die Kugel des andern Thermometers bleibt trocken. Das Thermometer mit der befeuchteten Kugel wird so lange fallen, bis durch die entstandene Kälte die Verdampfung so gemäßigt ist, daß durch die Fortsetzung derselben nicht mehr Wst. gebunden wird, als die Thermometerkugel durch Einstrahlen von den Umgebungen wieder erhält. Die nun Statt findende

Temperaturs-Differenz beyder Thermometer (welche beynahe stets genau halb so groß, wie die zwischen dem inneren und äußeren Thermomometer an dem gleich zu beschreibenden Daniell'schen Schwefeläther-Hygrometer seyn soll) steht mit dem Trockenheitsgrade der atm. Luft im geraden Verhältnisse (Gilb. A. 81, 69). Der hiesige Universitäts-Tischler Weilhöfer verfertigt solche Hygrometer mit aller zu wünschenden Genauigkeit. — Um den Anzeigen des Psychrometers einen bestimmteren Werth unterlegen zu können, hat Herr Prof. Baumgartner mit Hülfe des Daniell'schen Schwefeläther-Hygrometers (§. 398*) nachstehende Tabelle berechnet, in welcher die horizontal nebeneinander stehenden Zahlen der obersten Reihe die R. Grade des unbefeuchteten Thermometers, also die T. der Atm., die in der ersten Spalte links senkrecht unter einander stehenden Ziffer aber in Zehntheilen von R. Graden den Unterschied, um welchen das befeuchtete Thermometer tiefer als das trockne stehet, also eigentlich die durch die Verdünstung hervorgebrachte Kälte angeben. Wenn man von der obersten Zahl, welche mit dem Stande des trocknen Thermometers übereinstimmt, eine senkrechte Linie herab, und von der Seitenzahl, welche dem Unterschiede beyder Thermometer entspricht, eine wagrechte Linie rechts ziehet, so findet man dort, wo sich die beyden Linien schneiden, die Proc. des höchsten Wassergehaltes, welcher der Atm. bey der vom trocknen Thermometer angezeigten T. zukommt. Z. B. das trockne Thermometer zeige 12°, das befeuchtete 10,6° R., so ist der Unterschied beyder Thermometerstände 1,4° R. Wo die senkrechte von 12° R. herabgezogene Linie die wagrechte von 1,4 herkommende schneidet, findet sich in der Tabelle die Zahl 79,62: folglich enthält die Atm. nur 79 und 62/100 Proc. jener Feuchtigkeit, welche sie bey der T. von + 12° R. als Maximum enthalten könnte, ist also um 20,38 Proc. vom Zustande der größten Feuchtigkeit entfernt. Will man die Feuchtigkeits-Procente Psychrometergrade heißen, welches gleichgültig ist, sobald man den Werth dieser Grade kennt, so wird es in dem gegebenen Beyspiele heißen: das Psychrometer zeigt 79°,62, oder die Feuchtigkeit der Atm. entspricht 79,62 Psychrometergraden. Der absolute Wassergehalt eines K. Fußes Luft von bestimmtem Psychrometergrade im Gewichte, läßt sich mit Beyhülfe der Tabelle, Seite 461, leicht berechnen. Die Resultate der Tabelle sind zwar nur bey einem Barometerstande von 28 P. Zoll, für den sie berechnet sind, streng richtig, doch werden sie durch mäßige Veränderungen im Luftdrucke nicht bedeutend alterirt.

Differenz der zwey Therm.	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.	100	100	100	100	100	100	100	100	100.	100	100	100	100
0.1	97.92	98.11	98.27	98.42	98.56	98.68	98.79	98.89	98.98	99.06	99.14	99.21	99.2
0.2	95.84	96.22	96.54	96.84	97.11	97.35	97.58	97.78	97.96	98.12	98.27	98.41	98.5
0.3	93.75	94.33	94.81	95.26	95.66	96.03	96.36	96.66	96.93	97.18	97.41	97.61	97.[illegible]
0.4	91.67	92.41	93.07	93.67	94.22	94.58	95.03	95.56	95.91	96.24	96.54	96.81	97.[illegible]
0.5	89.57	90.41	91.33	92.09	92.76	93.37	93.93	94.43	94.88	95.30	95.67	96.01	[illegible]
0.6	87.48	88.60	89.59	90.50	91.31	92.05	92.71	93.31	93.86	94.35	94.80	95.21	95.5
0.7	85.39	86.69	87.85	88.91	89.86	90.72	91.49	92.19	92.83	93.41	93.93	94.41	94.8
0.8	83.28	84.75	86.11	87.32	88.39	89.38	90.27	91.07	91.80	92.46	93.06	93.60	94.0
0.9	81.19	82.86	84.35	85.72	86.94	88.05	89.04	89.94	90.77	91.51	92.19	92.82	93.3
1.0	79.09	80.95	82.61	84.12	85.14	86.71	87.82	88.82	89.72	90.56	91.31	92.00	92.6
1.1	77.69	79.67	81.45	83.06	84.51	85.12	87.00	88.07	89.05	89.94	90.73	91.46	92.13
1.2	74.88	77.12	79.11	81.36	82.50	84.03	85.37	86.58	87.57	88.40	89.56	90.36	91.15
1.3	72.76	75.19	77.35	79.32	81.10	82.69	84.14	85.44	86.63	87.71	88.69	89.85	90.39
1.4	70.65	73.27	75.60	77.72	79.62	81.35	82.91	84.32	85.59	86.76	87.81	88.76	89.64
1.5	68.48	71.29	73.80	76.07	78.12	79.97	81.64	83.16	84.53	85.78	86.91	87.94	88.88
1.6	66.42	69.41	72.08	74.51	76.67	78.66	80.44	82.06	83.53	84.85	86.06	87.15	88.15
1.7	64.33	67.48	70.32	72.89	75.22	77.83	79.21	80.92	82.48	83.89	85.17	86.34	87.40
1.8	62.18	65.54	68.56	71.28	73.74	75.96	77.97	79.78	81.43	82.93	84.29	85.53	86.65
1.9	60.06	63.60	66.02	69.67	72.26	74.61	76.73	78.65	80.39	81.98	83.44	84.72	85.90
2.0	57.94	61.69	65.14	68.07	70.80	73.27	75.50	77.52	79.36	81.02	82.53	83.83	85.16
2.1	55.79	59.72	63.24	66.43	69.20	71.80	74.25	76.37	78.28	80.04	81.63	83.07	84.40
2.2	53.66	57.79	61.48	64.82	67.83	70.55	73.01	75.24	77.26	79.08	80.75	82.27	83.65
2.3	51.53	55.85	59.64	63.20	66.35	69.19	71.77	74.10	76.21	78.13	79.87	81.45	82.89
2.4	49.39	53.80	57.92	61.58	64.85	67.84	69.87	72.96	75.16	77.16	78.98	80.63	82.14
2.5	47.25	51.94	56.14	59.98	62.35	66.48	69.28	71.81	74.11	76.20	78.09	79.82	81.39
2.6	45.51	50.00	54.37	58.33	61.89	65.11	68.03	70.67	73.06	75.23	77.20	79.00	80.63
2.7	42.97	48.04	52.58	56.70	60.40	63.75	66.78	69.52	71.98	74.26	76.31	78.18	79.87
2.8	40.82	46.08	50.79	55.07	58.41	62.39	65.53	68.37	70.95	73.29	75.42	77.36	79.11
2.9	38.67	44.13	49.01	53.44	57.42	61.02	65.09	67.22	69.90	72.32	74.53	76.54	78.35
3.0	36.51	42.16	47.22	51.80	55.92	59.65	63.02	66.07	68.84	71.35	73.63	75.71	77.41
3.1	34.36	40.20	45.67	50.16	54.42	58.28	61.77	64.76	67.78	70.38	72.73	74.88	76.84
3.2	32.21	38.23	43.64	48.53	52.93	56.91	60.51	63.77	66.72	69.40	71.84	74.06	76.07
3.3	30.04	36.26	41.84	46.88	51.42	55.53	59.25	62.61	65.73	68.42	70.94	73.23	75.31
3.4	27.73	34.16	39.91	45.13	49.82	54.07	57.90	61.38	64.82	67.38	69.98	72.35	74.40
3.5	25.70	32.31	38.83	43.59	48.42	52.78	56.72	60.28	63.53	66.47	69.14	71.57	73.78
3.6	23.54	30.36	36.43	41.96	46.92	51.41	55.46	59.14	62.47	65.49	68.24	70.74	73.02
3.7	21.37	28.37	34.63	40.31	45.41	50.03	54.20	57.98	61.40	64.51	67.34	69.91	72.25
3.8	19.19	26.55	32.82	38.65	43.90	48.64	52.03	56.81	60.29	63.53	66.45	69.08	71.48
3.9	17.02	24.41	31.01	37.00	42.38	47.26	51.27	55.66	59.27	62.55	65.58	68.25	70.72
4.0	14.85	22.34	29.20	35.35	40.88	45.88	50.40	54.43	58.20	61.68	64.63	67.72	69.05
4.1	12.73	20.49	27.45	33.74	39.41	44.53	49.17	53.36	57.16	60.35	63.75	66.61	69.20
4.2	10.48	18.45	25.57	32.02	37.85	43.10	47.49	52.16	56.06	59.60	62.82	65.74	68.41
4.3	8.28	16.46	23.76	30.38	36.33	41.72	46.58	50.99	54.09	58.61	61.91	64.91	67.63
4.4	6.10	14.45	21.93	28.71	34.80	40.32	45.30	49.82	53.91	57.62	60.99	64.07	66.86
4.5	3.91	12.46	20.11	27.05	33.29	38.93	44.04	48.66	52.83	56.62	60.08	63.25	66.09
4.6	1.71	10.46	18.28	25.38	31.76	37.54	42.75	47.47	51.75	55.64	59.17	62.38	65.31
4.7		8.46	16.40	23.71	30.24	36.14	41.47	46.47	50.67	54.65	58.26	61.55	64.54
4.8		6.79	14.51	22.32	29.97	34.07	40.40	45.32	49.77	53.83	57.56	60.85	63.80
[illegible]		4.45	12.80	20.37	27.18	33.34	38.90	43.94	48.51	52.67	56.43	59.86	63.07

Je mehr sich die Wasserdämpfe in der Atm. ihrem Condensationspuncte nähern, in desto größerer Menge werden sie in gleichen Zeiten von einer bestimmten Menge conc. Schwefelsäure absorbirt; desto größer wird also auch die Temperaturserhöhung seyn, welche die letztere dadurch erfährt. Wenn demnach ein Thermometer, dessen Kugel in conc. Schwefelsäure getaucht und ohne abgewischt worden zu seyn, an die freye Atm. gehängt wird, bey einer T. der letzteren von + 12° auf + 25°, also um 13° steigt, und wenn man durch vorhergegangene Versuche weiß, daß dasselbe Thermometer in vollkommen feuchter Luft von derselben T. auf + 27°, also um 15° gestiegen wäre, so kann man schließen, daß jene atm. Luft nur um $^2/_{15}$ von dem höchsten Grade der Feuchtigkeit absteht (De la Rive in der *bibliothèque universelle* 28, 285).

392. Die meisten Hygrometer sind sehr unzuverlässige Instrumente, wenn man von ihnen die Angabe der absoluten oder relativen Menge des in der Atm. vorhandenen Wassers erwartet; indem sie von den unsichtbaren Wasserdämpfen zuweilen eben so wenig, als von dem in Krystallen und Hydraten, z. B. im Gypse, gebundenen Wasser afficirt werden: denn auf das Hygrometer wirkt nur jener Theil der Wasserdämpfe, dessen Expansiv-Kraft von der Anziehung der hygrometrischen Substanz zum Wasser überwältiget werden kann, welches nicht allein von dem Verwandtschaftsgrade des Hygrometers zum Wasser, sondern auch von der dem Wasserdampfe unter den gegebenen Umständen zukommenden Expansiv-Kraft abhängt. Aus der ersten Ursache bleiben einige Substanzen, z. B. Natron, Salmiak, in derselben Luft trocken, in welcher andere, z. B. Kali, salzs. Kalk, zerfließen, oder in welcher Schwefelsäure viel Wasser anzieht. In Hinsicht der Expansiv-Kraft ist aus §. 314 und 316 bekannt, daß die Wasserdämpfe einen um so größeren Ueberschuß über den zu ihrem Bestehen nothwendigen Grad derselben besitzen, je weiter sie noch von der größten Dichtigkeit bey einer bestimmten T. entfernt sind: daher wird ein Hygrometer in reinen, unter dem mittleren Luftdrucke stehenden und viel über + 80° R. heißen Wasserdämpfen den höchsten Grad von Trockenheit anzeigen; während eiskalte Luft nicht den 300sten Theil ihres Raumumfanges Wasserdämpfe enthalten kann, ohne daß das Hygrometer darin auf dem höchsten Puncte der Feuchtigkeit stehet. In dem ersten Falle kann man das Hygrometer von dem höchsten Puncte der größten Trockenheit auf jenen der größten Feuchtigkeit zurückführen, wenn man die Wasserdämpfe bis unter + 80° R. abkühlt; und

in dem zweyten Falle wird das Hygrometer bis zu dem Puncte der größten Trockenheit steigen, wenn die Luft um einige Grade erwärmt wird. Die Hygrometer zeigen also bloß den Grad der Verwandtschaft der hygrometrischen Substanz zum Wasser, dann die Entfernung des in der Atm. enthaltenen Wasserdampfes von seiner größten Dichtigkeit bey einer bestimmten T., oder von seinem Condensationspuncte (den man hier auch recht passend den Thaupunct heißt), also auch die Neigung der Dämpfe zum Uebergange in den tropfbaren Zustand, oder die Kraft an, mit welcher die Dämpfe ihren elastischen Zustand gegen ihre Gegner, die Verwandtschaften der hygroskopischen Substanzen, vertheidigen. Weil aber die Verwandtschaft der hygroskopischen Substanzen zum Wasser mit Erhöhung der T. steigt, so werden Hygrometer in warmer Luft mehr Feuchtigkeit anzeigen als in kalter, wenn auch der Wasserdampf in beyden von dem Puncte seiner größten Dichtigkeit gleich weit entfernt ist.

Um den absoluten Gehalt der Luft an Wasser bey einem gewissen Hygrometer- und Thermometerstande auszumitteln, stellte Saussure sein Haar-Hygrometer in eine Glocke, welche mit Luft vom möglichsten Grade der Trockenheit gefüllt war, und worin also sein Instrument auf Null stand; nun brachte er feuchte, gewogene Leinwandläppchen hinein, und wenn das Hygrometer auf einen gewissen Grad, z. B. auf 100 gestiegen war, nahm er sie heraus, wog sie wieder: ihren Gewichtsverlust hatte die Luft an Wasser aufgenommen. Durch solche Versuche fand Saussure, daß bey 100° Hygrometer- und bey + 15° R. Thermometerstand Ein Pariser Kubik-Fuß Luft 11 Pariser Gran Wasser aufgenommen hatte. Clement und Desormes fanden durch die Gewichtszunahme des salzsauren Kalkes, womit sie durch Wasser geleitete Gasarten trockneten, in einem P. K. Fuß Gas von was immer für einer Art, bey + 10° R. 6,08 Pariser Gran Wasser. Nach Dalton's zweckmäßigerem (später zu erwähnendem) Verfahren, hält der Druck, den die in der Luft befindlichen Wasserdämpfe ausüben, bald einer Quecksilbersäule von 0,1 Z., bald auch einer solchen Säule von 0,6 Z. das Gleichgewicht; so daß das absolute Gewicht dieser Wasserdämpfe den 300sten bis 60sten (als Mittel den 100sten) Theil des absoluten Gewichtes der ganzen Atm., oder mehr als jenes der in der Atm. vorhandenen Kohlensäure ausmachet. Das mittlere absolute Gewicht des gesammten in der Atm. auf ein Mahl gegenwärtigen Wasserdampfes beträgt also 964 Billionen W. Zentner. Aus dem eben Gesagten erhellet auch, daß das quantitative Verhältniß des Wassers in der Atm. keinesweges so bestimmt

und so beständig ist, wie das Verhältniß der drey andern, vorher aufgezählten permanent-elastischen Bestandtheile; doch hat man die Atm. noch nie ganz frey von Wasser gefunden; ja es ist so schwer, sie selbst durch künstliche Mittel ganz davon zu befreyen, daß man einen gewissen Wassergehalt zum Bestehen des elastischen Zustandes der Atm. für nothwendig hielt. Nimmt man die Wasserdämpfe mit in Rechnung, so erhält man in gewöhnlicher, mäßig trockener atm. Luft, beyläufig folgendes Verhältniß der Bestandtheile dem Gewichte nach:

	Gewichts-theile.	Quecksilber-Zoll.
Stickgas	0,7600	21,960
Sauerstoffgas	0,2285	6,603
Kohlensäure	0,0015	0,043
Wasser	0,0100	0,289
	1,0000	28,895

Die unter den Quecksilberzollen stehenden Zahlen zeigen an, auf welche Höhe (bey einem Barometerstande von 28,895 W. Z.) das Quecksilber von jedem einzelnen Gemengtheile der Atm. gehoben wird, wenn man sich mit Dalton vorstellet, jeder Gemengtheil drücke als eine abgesonderte Atm. auf das Barometer. — Nebst diesen darstellbaren Bestandtheilen der Atm., und nebst dem ätherischen Licht-, Wärme-, Elektricitäts- und Magnet-Stoffe, finden sich darin auch noch andere, bisher fast eben so wenig, als jene ätherischen darstellbare Stoffe, auf derer Daseyn wir bloß aus ihren Wirkungen schließen. Es ist bekannt, daß man die Ursache epidemischer Krankheiten oder Seuchen meistens in der Luft suchet, und das man vormahls ein Uebermaß von Sauerstoffgas in derselben vermuthete, wenn diese Krankheiten entzündlicher Natur waren, eine Beymischung von gekohltem Wasserstoffgas bey epidemischen Wechselfiebern, und daß man den nervösen oder fauligen Charakter solcher Krankheiten einer Anhäufung ammoniakalischer Ausflüsse in der Atm. zuschrieb. Genaue, eudiometrische Versuche an Orten, wo diese Krankheiten eben am stärksten grassirten, haben aber jene Vermuthungen nicht bestätigt, indem man außer den gewöhnlichen Bestandtheilen der Atm. nicht nur keinen, von den darin vorausgesetzten fremdartigen Stoffen, sondern nicht ein Mahl das gewöhnliche quantitative Verhältniß jener Bestandtheile gestört fand (§. 386). Nach einigen Versuchen von Moskati scheinen die in der Luft verbreiteten Miasmen Ausflüsse thierischer Natur zu seyn. Sonst wissen wir aber von ihnen nichts, als einige Umstände, unter denen sie entstehen, z. B. durch das Zusammenseyn vieler Menschen in engen Räumen bey verhindertem Luftwechsel, wie in Schiffen, Lazarethen, überfüllten Kerkern u. dgl. m.; dann wo im-

mer viele organische Substanzen bey hinlänglicher Feuchtigkeit verwesen, wie bey Sümpfen und stehenden Wässern (daher in Reißfeldern), in Grüften u. dgl. Obschon wir weder die chemische Natur dieser Miasmen, noch, den lebenden thierischen Körper ausgenommen, irgend ein Reagens zu ihrer Entdeckung kennen, und daher die Erfindung eines Kakometers oder Luftschädlichkeitsmessers, von dem sich für die Arzeneykunde wichtigere Dienste als vom Eudiometer erwarten lassen, bisher noch unter die ganz unerfüllten Wünsche gehöret: so hat uns doch die Erfahrung Mittel gelehrt, die Miasmen so zu zerstören, daß sie ihre schädlichen Einwirkungen auf den thierischen Körper, und hiermit auch jedes Merkmahl ihres Daseyns verlieren. Unter diesen Mitteln sind Räucherungen mit mineralischen Säuren, noch bey weitem mehr aber mit Chlorgas, die wirksamsten. Die tragbaren, desinficirenden Schutzfläschchen von Guyton-Morveau (*flacons desinfectans*) haben zwey Kubik-Zoll Inhalt (Unzenfläschchen), und sind gefüllt mit 84 Gran durchgesiebten schwarzen Braunsteins (Manganperoxyds), 1/3 Kubik-Zoll reiner Salpetersäure von 1,400 spec. Gewichte, und 1/3 Kubik-Zoll reiner Salzsäure von 1,134 spec. Gewichte. Der größere Sicherungs-Apparat (*cassolette de salubrité*) bestehet aus einem becherförmigen Glase von 35 Kubik-Zoll Inhalt, welches sich durch An- oder Abschrauben einer angeschliffenen Deckelglasplatte genau schließen oder öffnen läßt, und gefüllt ist mit 2 1/2 Loth nicht zu fein gepulverten Braunsteins, 5 Kubik-Zoll Salpetersäure, und eben so viel Salzsäure von dem oben angegebenen spec. Gewichte. Man kann diese Räucherungen in jeder Schale von Töpferzeug oder in jedem Glase machen, wenn man ein Gemenge von 4 Theilen Kochsalz und von Einem Theile Braunstein mit 2 oder 3 Theilen concentrirter, aber vorher mit gleichen Theilen Wasser verdünnter Schwefelsäure übergießt (Gilb. A. 43, 1). Sefström empfiehlt zu diesen Räucherungen wässerige Lösungen oder das bequemere Gemenge von Kali- oder Kalkchlorid mit saurem schwefelsaurem Kali.

In welcher Verbindung stehen die Bestandtheile der Atmosphäre?

394. In Beantwortung dieser Frage zerfallen die Naturforscher in drey Parteyen. Die eine behauptet, Sauerstoff-, Stickgas und Wasserdämpfe (auf das kohlensaure Gas wird fast nie Rücksicht genommen) stehen mit einander in einer chemischen Verbindung; die zweyte erkläret das Sauerstoffgas mit dem Stickgas für chemisch verbunden, hält aber die Wasserdämpfe dieser Verbindung nur für mechanisch beygemengt; die dritte Partey endlich widerlegt alle Be-

weise der vorigen für eine chem. Verbindung, und betrachtet die Atm. als ein bloß mechanisches Gemenge aller ihrer Bestandtheile.

395. Scheele war der Erste, welcher das Sauerstoffgas mit dem Stickgas der Atm. für chemisch verbunden hielt. Seine Meinung wurde von vielen berühmten Naturforschern angenommen. Thomson führt dafür in seinem Systeme der Chemie folgende Gründe an: 1) Ein künstliches Gemenge von Sauerstoff- und Stickgas, nach den durch eudiometrische Versuche gefundenen Verhältnissen bereitet, soll andere Eigenschaften als die atm. Luft besitzen, z. B. vom Salpetergas soll mehr davon absorbirt werden, es soll die Flamme besser unterhalten, und Thiere sollen darin länger leben; 2) verschiedene brennbare Körper absorbiren aus einer gegebenen Menge atm. Luft verschiedene Quantitäten Sauerstoffgas, z. B. Phosphor 0,22, Schwefel nur 0,08; 3) bey der Bereitung der Salpetersäure und bey dem Leiten des oxydirten Stickgas durch glühende Röhren, erhält man atm. Luft: nun ist es doch unwahrscheinlich, daß, wenn die atm. Luft bloß gemengt wäre, sich in diesen zwey Operationen die Mengungstheile derselben immer genau in dem nähmlichen Verhältnisse treffen sollten; 4) endlich wird als ein Hauptbeweis für die chemische Verbindung das beständige und unveränderliche Verhältniß angeführt, welches zwischen Sauerstoffgas und Stickgas, ungeachtet des verschiedenen sp. Gewichtes und des ungleichen Verbrauches, in der Atm. überall und stets angetroffen wird (§. 386).

Nur damahls, als man, nach schon längst allgemein als unrichtig anerkannten eudiometrischen Versuchen, 0,28 Sauerstoffgas in der Atm. annahm, fand man ein künstliches Gemenge aus diesen 0,28 Sauerstoffgas und 0,72 Stickgas verschieden von der gewöhnlichen atmosphärischen (nur 0,21 Sauerstoffgas haltenden) Luft; weil in jener dann freylich Thiere länger athmen, entzündete Körper lebhafter brennen konnten, und Salpetergas eine größere Verminderung hervorbringen mußte; da hingegen ein künstliches Gemenge in dem richtigen Verhältnisse von 0,21 Sauerstoff- und 0,78 Stickgas von der atm. L. in allen Eigenschaften gar nicht zu unterscheiden ist. — Daß verschiedene brennbare Körper aus einer gegebenen Menge von atm. L. verschiedene Antheile von Sauerstoff, z. B. Phosphor 0,21, Schwefel nur 0,08 zu absorbiren vermögen, ist wahr, beweiset aber nur, daß die brennbaren Körper nach ihrer Entzündung zum Fort-

brennen Sauerstoffgas von einer gewissen Dichtigkeit fordern (wie schon §. 337 gelehrt worden); daß diese geringste zum Fortbrennen erforderliche Dichtigkeit des Sauerstoffgas für verschiedene Körper verschieden ist, daß also in dem gegebenen Falle, Phosphor in Sauerstoffgas von der geringsten Dichtigkeit verbrennt, der Schwefel aber dazu Sauerstoffgas erfordert, welches höchstens um 1/7 weniger dicht als die atm. Luft seyn darf; daß der Phosphor sich demnach so lange mit dem Sauerstoffe einer abgesperrten Menge atm. L. verbindet, als noch Sauerstoff da ist, daß der Schwefel sich aber damit zu verbinden aufhöret, wenn das Sauerstoffgas durch den anfänglicher Verbrauch von 1/5 auf 1/7 der Dichtigkeit der atm. L. herabgesetzt worden ist. Es hat ja mit dem Athmen eine ähnliche Bewandtniß: warmblütige Thiere können in abgesperrter atm. L. (selbst wenn die erzeugte Kohlensäure immer weggeschafft wird) bey weitem nicht so lange leben, bis alles Sauerstoffgas aufgezehrt ist, da hingegen Insecten darin leben, so lange sie noch die geringste Spur von Sauerstoffgas finden. — Die dritte als Beweis angeführte Thatsache ist unrichtig; denn das bey der Bereitung der Salpetersäure entweichende Gas enthält immer m e h r, und das bey der Zerlegung des oxydirten Stickgas (nebst der salpetrigen Säure) entstandene immer w e n i g e r Sauerstoffgas, als die atm. Luft. — Das unveränderliche Verhältniß von Sauerstoffgas und Stickgas in der Atm., ungeachtet des sehr ungleichen Verbrauches von Sauerstoffgas an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten, ist eher ein Beweis gegen als für die chemische Verbindung. In den mit Menschen überfülltesten Theatern hat man dasselbe Verhältniß des Sauerstoffgas gegen das Stickgas, wie in der freyen Atm. gefunden; und doch muß hier durch das Athmen sehr viel von der vermeintlichen chem. Verbindung zersetzt und dadurch Stickgas frey geworden seyn. Woher hat nun dieses Stickgas den Sauerstoff genommen, um sogleich wieder die alte chem. Verbindung darzustellen, da sich kein freyer (verbindungsloser) Sauerstoff in der Atm. finden soll?

Ueber dieß fehlen der atm. Luft alle charakteristischen Kennzeichen chem. Verbindungen, wohin z. B. eine auffallende Verschiedenheit in den Eigenschaften (bey Gasarten, derer chem. Verbindung gewöhnlich von einer Verdichtung begleitet ist, vorzüglich im sp. Gewichte) des neu entstandenen Körpers von jener seiner Bestandtheile gehört.

Das Sauerstoffgas und das Stickgas sind aber durch ihre wechselseitige Verbindung in der Atm. so wenig verändert, daß ihre Eigenschaften (z. B. ihr sp. Gewicht) genau dieselben sind, welche jede Gasart bekommen muß, wenn sie in dem gegebenen Verhältnisse mit der andern verdünnt wird. Ferner kennen wir ja chemische Verbindungen von Sauerstoffgas und Stickgas in den verschiedensten Verhältnissen als Salpetersäure, salpetrige Säure, Salpetergas, oxydirtes Stickgas; mit keiner von diesen hat aber die atm. Luft irgend eine Aehnlichkeit. Ueber dieß sollten doch begünstigende Umstände zur Bewerkstelligung dieser Verbindung gehören, da, wie bekannt, die Verwandtschaft des Sauerstoffes zum Stickstoffe nicht groß ist. Endlich fügt sich die atm. L. als chemische Verbindung nicht den Gesetzen, welche oben (§. 135) für die Quantitätsverhältnisse, in denen sich die Stoffe mit einander verbinden, gefunden worden sind. In der atm. L. kommen auf 100 Gewichtstheile Stickstoff 30 Gewichtstheile Sauerstoff; in der nächst höheren Oxydationsstufe des Stickstoffs, im Stickstoffoxydga, sind mit 100 Theilen Stickstoff 56,937 Theile Sauerstoff verbunden: die letzte Zahl ist aber von jedem Producte der ersten (30) mit einer ganzen Zahl ziemlich entfernt, und auch von dem $1\frac{1}{2}$fachen derselben $(30 + 15 = 45)$ sehr verschieden.

395. Wenn nun noch genügend erkläret werden kann, warum bey einem mechanischen Beysammenseyn der Gasarten in der Atm. dieselben immer und allenthalben nach einem so beständigen Verhältnisse gemengt bleiben, und sich nicht nach ihrem sp. Gewichte in Schichten absondern, wovon die leichteren auf den schwereren, z. B. wie Aether auf Wasser, schwimmen: so muß die Hypothese der chemischen Verbindung der Sauerstoffluft und Stickluft in der Atm., da sie nichts für sich und so viel gegen sich hat, als unhaltbar verworfen werden. Jene Erklärung läßt sich aus Dalton's Theorie über die Beschaffenheit gemischter luftförmiger Flüssigkeiten sehr befriedigend herleiten (§. 90). Dieser scharfsinnige Naturforscher schließt (als Atomist) aus dem Mariotte'schen Gesetze, daß die Theilchen jedes luftförmigen Körpers sich mit einer Kraft abstoßen, welche bey einer gegebenen T. im umgekehrten Verhältnisse der Entfernungen ihrer Mittelpuncte von einander stehet. Dieses Abstoßen findet aber, nach Dalton's Annahme, nur zwischen den gleichartigen Theilchen desselben Gas, keinesweges aber zwischen den heterogenen Theilchen verschiedener Gase Statt: die letzteren stoßen sich wechselseitig eben so wenig ab als sie sich anziehen, verhalten sich also ganz gleichgültig gegen einander, und jedes ist für das andere,

da Gase überdieß noch so äußerst dünn sind, in Hinsicht der Bewegung im Raume gleichsam gar nicht da. Weil nur die Theilchen homogener Gasarten sich abstoßen, so drücken oder gravitiren auch nur diese Theilchen auf einander, und jedes Gas trägt nur das Gewicht der über ihr befindlichen Theilchen seiner Art; von hetrogenen, gasartigen Theilchen wird es weder gedrückt noch zusammengepreßt. Heterogene, gemengte Gasarten verbreiten sich also in dem gemeinschaftlichen Raume so, wie jede einzeln gethan haben würde, ihr sp. Gewicht mag auch noch so verschieden seyn. Werden z. B. 1 Kubik-Zoll Sauerstoffgas und 1 Kubik-Zoll Wasserstoffgas in einem hohen Cylinder von 2 Kubik-Zoll Inhalt gemengt, so verbreitet sich eine Gasart wie die andere im Cylinder von oben bis unten, und zwar nach demselben Gesetze, als ob ein Kubik-Zoll Sauerstoffluft oder 1 Kubik-Zoll Wasserstoffluft allein im Cylinder wäre. Ihre Elasticität ist dann die Summe der Elasticitäten beyder Luftarten, so daß sie gemengt genau einen Raum von 2 Kubik-Zoll mit der Mitteldichtigkeit beyder Gasarten einnehmen (§. 90). Man führt gegen diese Vorstellungsart den Versuch an, daß Hydrogengas in einem Cylinder, der seine offene Mündung nach unten kehrt, viel länger unvermengt (mit atm. Luft) bleibt, als wenn die Mündung nach oben gerichtet ist; daß kohlensaures Gas sich gerade umgekehrt verhält, daher es sich selbst in atm. Luft, wie Wasser, einige Mahle aus einem Gefäße in ein anderes überfüllen läßt: daraus folgert man, daß eine Gasart in der andern sich nicht frey vertheilt, sondern den ihrem sp. Gewichte angemessenen Platz über oder unter derselben einnimmt. Dalton begegnet diesem Einwurfe mit der Bemerkung, daß, wenn auch eine Gasart die freye Vertheilung einer andern nie ganz hindern, doch durch ihr Beharrungsvermögen (vis inertiae) verzögern kann: so wie die Bewegung des Wassers verzögert wird, wenn es zwischen Kieselsteinen fließt. Denn die gleiche Vertheilung erfolgt in allen angeführten Fällen endlich doch, und ist sie einmahl erfolgt, so sondern sich die Gasarten auf keine Weise durch ihr sp. Gewicht wieder ab; ehe sie aber ganz zu Stande gekommen ist, folgen die Gasarten andern, stärker und geschwinder wirkenden Kräften, z. B. der Schwere. Die Gasarten gehorchen den letztern Kräften ganz allein, wenn ihre freye Vertheilung durch unüberwindliche Hindernisse unmöglich wird, z. B. wenn sie in Hüllen von nicht elastisch-flüssigem Stoffe eingeschlossen

sind: daher steigen mit Hydrogengas gefüllte Luftbälle in die Höhe, daher fallen mit kohlensaurem Gas ausgedehnte Seifenblasen zu Boden. Auch der Satz, daß nur homogene Gasarten auf einander drücken, und daß eine Gasart von einer andern gar nicht gedrückt, oder zusammen gepreßt wird, ist mit der Einschränkung zu verstehen, wenn eine Gasart unmittelbar auf die andere wirkt; denn mittelst nicht elastisch-flüssiger Zwischenkörper drückt jede Gasart auf jede andere. Ist z. B. reines Sauerstoffgas in eine Blase eingeschlossen, so wirkt der Druck der atm. Stickluft so gut auf die Blase und durch diese auf die eingeschlossene Luft, als der Druck der Lebensluft; wenn man Hydrogengas in einem Cylinder mit Wasser oder Quecksilber abgesperrt hat, so erleidet es durch jeden dieser zwey Zwischenkörper den ganzen Druck aller Bestandtheile der Atm. — Unsere Atm. könnte noch aus bey weitem mehr Gasarten von dem verschiedensten sp. Gewichte bestehen, und doch würde jede sich nach demselben Gesetze verbreiten, als wäre sie allein da: das sp. schwerere Gas hat eben so wenig ein Bestreben, das sp. leichtere in die Höhe zu treiben, als Schrotkörner, die in einem Haufen liegen, die Luft zwischen sich heraus zu drücken.

Die Art, wie in gemengten Gasarten nur die gleichartigen Theile sich abstoßen, erläutert Dalton durch folgenden Vergleich mit der Wirkung der Magnete auf einander, von welchen, wie bekannt, sich auch nur die gleichnahmigen Pole abstoßen: wenn zwischen die gleichnahmigen Pole zweyer Magnete ein anderer Körper, z. B. ein Bretchen, gebracht wird, so stossen sich die zwey Pole ab, ohne auf den Zwischenkörper zu wirken (?). Man denke sich ein langes senkrechtes Haarröhrchen, in welchem sich eine Menge magnetischer Theilchen so befinden, daß immer die gleichnahmigen Pole von je zwey und zwey derselben gegen einander gerichtet sind: die magnetischen Theilchen werden sich also abstoßen, und eins immer in einiger Entfernung über dem andern schweben, und es wird scheinen, als trage die Luft die oberen Theilchen, da doch nur ein magnetisches Theilchen von dem andern durch die gegenseitige Repulsion entfernt gehalten, gehoben und getragen wird, und die Luft dabey ganz unthätig ist.

Verdünstungslehre (Atmologie).

396. Dalton dehnte seine Theorie auch auf den in der Atm. vorhandenen Wasserdampf aus, und beseitigte dadurch alle Schwierigkeiten, welche bisher mit der Erklärung der Dampfbildung bey

Temperaturen unter dem Siedepuncte verbunden waren. Um diesen Schwierigkeiten auszuweichen, hatte man seit Leroy fast allgemein angenommen, das Wasser werde von der Luft aufgelöset, so wie Salz vom Wasser, und aus der damit gesättigten Luft wieder niedergeschlagen, wenn Umstände eintreten, welche die Sättigungs-Capacität der Luft zum Wasser vermindern. Wärme soll die Auflösung des Wassers in Luft, so wie die meisten andern Auflösungen, z. B. die von Salzen in Wasser, bloß begünstigen. Dieser Ansicht, nach welcher das so genannte freywillige Verdünsten ein rein chemischer Auflösungs-Prozeß ist, und nach welcher daher das Wasser mit der Luft chemisch verbunden seyn muß, ist eine entscheidende Thatsache ganz entgegen: nähmlich, daß bey gleicher T. Wasser im luftleeren Raume in eben der Menge, aber nur noch schneller, als in demselben, mit gewöhnlicher oder mit comprimirter Luft gefüllten Raume verdünstet, da doch bey Vermehrung des Auflösungsmittels und seiner Berührungspuncte mit dem aufzulösenden Körper von diesem um so mehr, bey gänzlicher Abwesenheit des Auflösungsmittels aber gar nichts aufgelöset werden sollte. Dann hat man auch die Erfahrung gemacht, daß alle Gasarten unter gleichen Umständen gleich viel Wasser auflösen, also ein gleiches Sättigungsvermögen für dasselbe haben, da es doch sonst kaum zwey Körper gibt, die für Einen dritten genau dasselbe Sättigungsvermögen äußern; ferner, daß die Luft, anstatt durch Verbindung mit Wasser an Dichtigkeit zuzunehmen, daran abnimmt; endlich, daß beym freywilligen Verdünsten eben so viel Wärmestoff gebunden wird, als beym Verdampfen derselben Menge Wassers mittelst der Siedehitze. — Dieser Widersprüche wegen hatte schon Saussure zum Theil, de Luc aber ganz die Auflösungs-Theorie verlassen, und letzterer den Satz aufgestellt, daß sowohl das Erzeugen als das Bestehen von Wasserdünsten (auch von Dünsten anderer Art) in der Atm. bloß von der T. abhängig sey, daß also bey jeder Verdünstung bloß Dampf, d. h. eine aus Wasser und Wärmestoff zusammen gesetzte Substanz entstehe, und daß die Luft darauf gar keinen befördernden Einfluß nehme, als allenfalls durch ihre Bewegung die schon gebildeten Dämpfe weiter zu treiben um den neuen Platz zu machen; daß das Verdünsten bey allen Temperaturen, nur bey niederen langsamer als bey höheren, erfolge; daß das freywillige Verdünsten sich von dem Sieden nur dadurch

unterscheide, daß bey ersterem bloß auf der Oberfläche der Flüssigkeit, bey letzterem aber auch im Innern derselben Dampf gebildet werde (§.312*).

397. Da aber, allen Versuchen zu Folge, die Elasticität der Dämpfe, welche unter dem Siedepuncte einer Flüssigkeit gebildet werden, dem Drucke der Atm. bey weitem nicht gleich kommt; so bleibt es immer unbegreiflich, wie eine Flüssigkeit unter ihrem Siedepuncte verdünsten könne, und warum diese Dämpfe, wenn sie auch wirklich entstanden wären, durch den Druck der Atm. nicht sogleich wieder verdichtet würden. Dalton's glückliche Hypothese räumte diesen Stein des Anstoßes aus dem Wege. Da nähmlich, nach dieser, Wasserdämpfe nur wieder von Wasserdämpfen, keineswegs aber von andern Gasarten abgestossen oder gedrückt werden können; so hat der auf der Oberfläche des Wassers sich bildende Dampf bloß den Druck des in der Atm. schon vorhandenen Wasserdampfes, keineswegs aber den Druck der ganzen Atm. zu überwinden (§.312). Weil nun dieser Druck, dem §.329 zu Folge, den eines halben Zolles Quecksilberhöhe selten übersteigt, so können sich bey allen Temperaturen, bey welchen die Elasticität der Dämpfe des verdünstenden Wassers mehr als einem halben Zolle Quecksilberhöhe das Gleichgewicht hält, auch Wasserdämpfe bilden. — Es ist klar, daß nach Dalton's Ansicht die Wasserdampf-Atmosphäre sich so hoch als die Atm. der Sauerstoffluft und der Stickluft erstrecken muß, indem Wasserdämpfe, so lange sie den elastisch-flüssigen Zustand besitzen, gleich allen andern Luftarten dem Mariotte'schen Gesetze gehorchen.

398. Dalton bestimmte die Elasticität der Wasserdämpfe bey verschiedenen Temperaturen, indem er etwas Wasser in die Torricelli'sche Leere eines Barometers steigen ließ, es dann bis auf einen bestimmten Grad erwärmte, und bemerkte, wie weit das Quecksilber herabgedrückt wurde. Gesetzt, das Barometer stehe auf 30 Zoll, und falle, wenn Wasser in die Toricelli'sche Leere gebracht und darin bis auf + 21° R. erwärmt wird, auf 29 Zoll: so ist die Expansiv-Kraft der Wasserdämpfe bey dieser T. Einem Zolle Quecksilberhöhe gleich; wird das Wasser unter denselben Umständen auf + 37° R. erwärmt, so sinkt das Quecksilber auf 27 Zoll; folglich ist die Expansiv-Kraft der Wasserdämpfe bey dieser T. gleich drey Zoll Quecksilberhöhe u. s. w. Mittelst der Tabelle

Seite 461 kann man die Elasticität der Dämpfe, die sich aus Wasser von einer gegebenen T. entwickeln, sogleich bestimmen. Dieselbe Tabelle kann auch dazu dienen, die Elasticität des schon in der Luft vorhandenen, und der neuen Verdampfung also entgegenwirkenden Wasserdampfes zu bestimmen. Dazu muß man aber noch die T., bey welcher dieser Wasserdampf sich zu verdichten anfängt, den Thaupunct, oder die Condensations-Temperatur desselben, kennen. Zu diesem Zwecke bedient sich Dalton eines von Außen ganz trockenen Glascylinders, den er mit frischem Brunnenwasser (im Winter mit einer Frostmischung) füllt, und dann in die zu untersuchende Luft bringt. Läuft der Cylinder an, so läßt er den Inhalt desselben (das Wasser) etwas wärmer werden, wischt ihn gut ab, und versucht, ob er nun noch anläuft. Dieß wiederhohlt er so lange, bis der Cylinder weiter anzulaufen gerade aufhört. In diesem Momente untersucht er die T. des Wassers oder der Mischung, womit der Cylinder gefüllt ist. Die dieser (Condensations-) T. entsprechende Zahl der Quecksilberzolle in der Tabelle gibt die Elasticität der in der Atm. enthaltenen Wasserdämpfe. Im Sommer erhält man auf diese Art immer viel größere Zahlen als im Winter. Der Condensations-Punct der Dämpfe fällt von 1 bis 5° R. unter die mittlere T. des Tages. Nach Daniell's Untersuchungen ist der mittlere Unterschied zwischen der Temperatur des Thaupunctes und jener der Atm. im Winter = 0,784° R., in den Sommermonathen = 3,03° R. Besonders trocken ist, nach Humboldt, die Atm. in den sibirischen Hochebenen nach anhaltendem Südwestwinde: so fand er z. B. in der Steppe Platowskoya am 5. August um 1 Uhr Nachmittags bey + 19° R. Luft-Temperatur den Thaupunct bey — 3,4° R. Der Unterschied der von den beyden Thermometern am Psychrometer angegebenen T. stieg auf 9,36° R., während er bey uns höchstens 5° beträgt. — Ist die T., bey welcher sich die in der Atm. bereits vorhandenen Dünste condensiren, höher als jene des zu verdünstenden Wassers, oder, was dasselbe heißt, ist die Zahl, welche die Elasticität des in der Luft vorhandenen Wasserdampfes anzeigt, größer als jene, welche der Elasticität der Dämpfe bey der T. des zu verdünstenden Wassers entspricht: so erfolgt nicht nur keine Verdünstung, sondern es setzen sich noch Dünste aus der Luft an das Wasser ab (§. 320*). Ist aber die T. des Wassers höher als die Condensations-Temperatur der Dünste in der Luft: so erfolgt die Verdünstung mit einer Kraft,

welche der Differenz dieser zwey Temperaturen proportionirt ist: darauf beruht die Einrichtung des oben Seite 616 beschriebenen Psychrometers.

Als der Cylinder in der Luft von der T. + 20° R. sich zu beschlagen aufhörte, hatte das Wasser, womit er gefüllt war, eine T. von + 8° R. In der Tabelle findet sich dafür die Elasticität der Dämpfe 0,375 Zoll Quecksilberhöhe. Das zu verdünstende Wasser hat eine T. von + 20° R., welcher in der Tabelle eine Elasticität von 0,910 Zoll Quecksilberhöhe entspricht. Die Kraft der Verdünstung ist folglich 0,910 — 0,375 = 0,535 Zollen Quecksilberhöhe gleich (Dalton in Gilb. A. 15). — Da nach der Tabelle Wasserdämpfe auch unter 0 R. eine gewisse Elasticität haben, so kann Wasser selbst als Eis verdünsten, wenn die Elasticität der Wasserdämpfe in der Luft äußerst gering ist: eine Thatsache, die schon früher durch directe Versuche bekannt war (§. 316). — Mittelst des so äußerst einfachen Verfahrens, die Elasticität der Wasserdämpfe in der Atm. zu bestimmen, läßt sich auch die absolute Menge der darin enthaltenen Wasserdämpfe (z. B. die Anzahl von Granen in Einem K. Fuße Luft), dann die relative Menge, d. h. die Entfernung derselben vom höchsten Grade der Dichtigkeit und die davon abhängende Neigung zur Condensation besser als mittelst jedes andern Hygrometers erfahren; daher es auch schon lange vor Dalton von Fontana als hygrometrisch vorgeschlagen worden ist. Dalton's hygrometrisches Verfahren wurde von Daniell vereinfacht, indem er dazu Wollaston's Kryophor verwendete. Von der horizontalen 1,5 Linien weiten Glasröhre a b (Fig. 162) hängen beyderseits die über 1 Zoll im Durchmesser haltenden Kugeln c und d herab, und zwar c an einem längeren, d an einem kürzeren Stücke der rechtwinklich gebogenen Röhre. Bevor die ausgezogene Spitze x der zweyten Kugel zugeschmolzen wird, füllt man die andere Kugel bis auf 2/3 mit Schwefeläther, bringt ihn zum Sieden, und erhält ihn so lange siedend, bis seine Dämpfe alle atm. L. aus dem ganzen Instrumente getrieben haben: dann schmelzt man sogleich die Spitze luftdicht zu. In der Kugel c befindet sich ein feines Thermometer, welches mit der Mitte seines länglichen Quecksilbergefäßes gerade bis auf die Oberfläche des Aethers reichet. Die Kugel d ist von Außen mit Musselin überzogen. Diese Vorrichtung ruhet auf dem Gestelle e f, an dessen Fuße zugleich das Thermometer g h befestigt ist. Soll dieses Hygrometer gebraucht werden, so nimmt man zuerst die Kugel d in die Hand, um allen Aether in die Kugel c zu treiben; dann tropft man Schwefeläther auf den Musselinüberzug der Kugel d, der durch sein Verdampfen diese Kugel abkühlt; durch diese Kälte condensiren sich die innerhalb dieser Kugel

befindlichen Aetherdämpfe; dadurch entsteht ein leerer Raum; um diesen auszufüllen, wird das Verdampfen des Aethers in der Kugel c beschleunigt, dadurch wieder Wst. gebunden, das Glas der Kugel c abgekühlt, an welchem, wenn die Abkühlung bis unter den Condensationspunct der in der Atm. vorhandenen Wasserdämpfe fortgeschritten ist, von Außen in der Höhe der Oberfläche des eingeschlossenen Aethers ein Thauring erscheinet: so wie dieser bemerkt wird, beobachtet man den Stand des inneren, in den Aether getauchten Thermometers, so weiß man die T, bey welcher die in der Atm. befindlichen Wasserdämpfe condensirt werden, daraus, nach Dalton, ihre Elasticität, Dichtigkeit, folglich auch durch Berechnung ihre absolute Menge in einem bestimmten Volumen der atm. L., die Nähe oder Entfernung derselben von dem möglich höchsten Grade der Dichtigkeit bey der jedesmahligen T. der Atm. Körner hat das Daniell'sche Hygrometer ungemein vereinfachet, indem er die aufgebogene Kugel eines Thermometers (Fig. 163) mit Musselin, und die untere Hälfte derselben mit einem stark polirten, vergoldeten Metallplättchen überzieht: wird der Musselin mit Aether betropft, so sinkt das Thermometer, und sein Stand in dem Momente, wenn das vergoldete Plättchen zu beschlagen anfängt, gibt die Condensations-Temperatur der atm. Wasserdämpfe (Daniell in Gilb. A. 65, 169 und 403. Döbereiner und Körner in Gilb. A. 70, 135). Hier findet das S. 616 bereits Gesagte Anwendung.

399. Um die Menge der Verdünstung zu messen, wendet man Gefäße voll Wasser an, in welchen die Quantität des verdünstenden Wassers entweder durch Scalen dem Rauminhalte nach, oder auch durch Gewichte bestimmt wird, und welche man Atmometer, Verdünstungsmesser, heißt. Wenn diese Vorrichtungen genaue Resultate geben sollen, müssen die Gefäße selbst so weit, als in ihnen das Wasser reichet, in eine größere Masse von stehendem Wasser, z. B. ins Meer, in einen See u. dgl. getaucht seyn, und es muß auf das durch Regen, Schnee, Thau u. dgl. in das Atmometer fallende Wasser Rücksicht genommen werden. — Aus dem Obigen wird man sich den Einfluß erklären können, welchen nebst der T. der Flüssigkeiten und der Elasticität der bereits vorhandenen Dampf-Atmosphäre, einige andere Umstände auf die Verdünstung nehmen: warum z. B. die Verdünstung auf hohen Bergen, in bewegter Luft, bey einem Luftzuge oder Winde, dann bey einer größeren mit der Luft in Berührung stehenden Oberfläche, viel schneller vor sich gehet, als in tief liegenden Orten, wenn

über der Flüssigkeit eine Luftschichte stagniret, oder wenn die Flüssigkeit der Luft nur eine kleine Berührungsfläche darbiethet (§. 312). Darauf gründet sich das Gradiren der Solzsoolen und Montgolfier's künstlicher Verdünstungs-Apparat mit einem Centrifugal-Ventilator.

Nach Dalton betrug zu Manchester die mittlere Menge der jährlichen Verdünstung in den 3 Jahren 1796—97—98, 25,158 engl. Zoll. Bey uns ist sie gewöhnlich im Monathe Junius am größten, im December und Januar am geringsten: an dem heißesten, trockensten Sommertage übersteigt sie selten 0,2 Zoll. Im Durchschnitte nimmt man die jährliche Verdampfung auf der ganzen Oberfläche der Erde angefähr auf 30 W. Zoll an.

400. Wenn das verdünstete Wasser in der Atm. bliebe, so würde die weitere Verdünstung nach und nach ganz aufhören, indem die Elasticität der Dampf-Atmosphäre bald so groß als die Elasticität des Dampfes bey der mittl. T. an der Oberfläche der Erde werden würde. Allein die Dampf-Atmosphäre erreicht nie diesen Punct: ein Theil des während eines warmen Tages gebildeten Dampfes wird in der darauf folgenden heiteren, windstillen Nacht als Thau abgesetzt. Die Ursache der Thaubildung ist nach §. 321 die Abkühlung der Erdoberfläche durch Wärmeausstrahlen, welche sich der unteren Luftschichte mittheilet, und die darin vorhandenen Dämpfe so lange condensirt, bis ihre Dichtigkeit der herabgesetzten T. entspricht. Die Dämpfe nehmen in der untersten, abgekühlten Luftschichte zuerst jene Uebergangs- oder Bläschenform (§. 327) an, und stören damit die Durchsichtigkeit derselben: daher die leichte, dünne Nebelschichte, womit solche Gegenden, wo es vorzüglich stark thaut, z. B. feuchte Wiesen u. dgl., Abends und Morgens häufig überzogen sind. Erstreckt sich die Abkühlung der Luft höher, wie z. B. im Frühlinge und Herbste, so bildet das in Bläschenform abgeschiedene Wasser die Nebel, welche in längerer oder kürzerer Zeit nach Aufgang der Sonne durch Erwärmung der trüben Luftschichte theils unmittelbar, theils mittelst der an der Erdoberfläche absorbirten Sonnenstrahlen, wieder verschwinden. Manchmahl bemerkt man deutlich das Auflösen des Nebels von unten nach aufwärts, so wie sich die Luft nach und nach in dieser Richtung erwärmt. Nebel, von Winden zerrissen und in die Höhe geführt, bilden die mannigfaltig gestalteten Wolken, welche sich jedoch in jener Höhe am häufigsten

unmittelbar erzeugen. Die Wolken-Region erstrecket sich von der Erdoberfläche auf sehr beträchtliche Höhen: denn Gay-Lussac sah auf seiner aerostatischen Reise in einer Höhe von 3600 Toisen (wo bey + 3° R. das Saussur'sche Hygrometer auf 25° zurückgegangen war, also eine nur 1,27 W. Quecksilberlinie gleiche Spannung der Dämpfe anzeigte) noch weit über sich Wolken, und Bouguer bemerkte ihrer noch 700 bis 800 Toisen über dem Gipfel des Chimborazo. Durch welche Ursachen werden hier die Wasserdämpfe condensirt? Man kennet nur drey Mittel, wodurch Wasserdämpfe zu tropfbarem Wasser werden: chemische Verwandtschaft, Zusammendrücken und Abkühlen. Von chemischen Verwandtschaften oder von zusammendrückenden Kräften, welche in jenen Regionen den Wasserdampf condensiren sollten, kann man sich schwer eine Vorstellung machen. Es bleibt also nur Abkühlung übrig; und da sich die Temperaturs-Veränderungen auf der Erdoberfläche nicht bis zu jener Höhe erstrecken (§. 375*), so kann die Abkühlung nur durch Luftströmungen bewirkt werden. Oeffnet man an einem strengen Wintertage, z. B. von — 15° R., die ins Freye führende Thüre einer bis auf + 15° R. geheitzten Wohnstube; so bildet sich nächst der Thüre sowohl im Freyen (oben) als in der Stube (unten) eine dichte Wolke (der Wolf), welche kurze Zeit nach dem Schließen der Thüre wieder verschwindet. Die Wasserdämpfe in der oben ausströmenden warmen Luft, welche leicht eine + 10 Graden R. entsprechende Spannung haben können, werden unter 0 abgekühlt, müssen sich also großen Theils condensiren: eben so werden die Dämpfe in der Stube durch die unten einströmende kalte Luft abgekühlt und condensirt. Die Wolken-Region über Deutschland, worin sich z. B. Wasserdampf von einer + 5° R. entsprechenden Spannung befindet, wird durch einen Strom kalter Polarluft bis unter 0 abgekühlt; so muß demnach (wie unten innerhalb der geöffneten Stubenthüre) ein großer Theil des Wasserdampfes seine elastische Form verlieren, und es müssen Wolken entstehen. Bringt im Gegentheile ein Südwind warme Luft aus Afrika, mit Wasserdampf von einer + 15° R. entsprechenden Spannung: so wird die ankommende Luft hier (wie die oben durch die Thüre ausströmende Stubenluft) abgekühlt und ihr Dampf in Wolken verwandelt. Damit fremde Luft eine Ursache habe, in die Luft-Region über irgend einer Gegend zu strömen, muß das Gewicht der Luft

hier vermindert werden (§. 375, 377); daher das nasser Witterung vorangehende Sinken des Barometers. Die Ursachen dieses verminderten Luftdruckes sind unbekannt. — Werden die Bläschen des Nebels und der Wolken zu dick und schwer, so zerreissen sie, laufen zusammen, bilden Tröpfchen und fallen als Regen auf die Erde. Indem die kalten Wassertröpfchen durch die Luft fallen, condensirt sich an ihnen noch ein Theil des in dieser enthaltenen Dampfes, die Tropfen werden größer, die Regenmenge wächst. — Wenn Wasser aus der Bläschenform, wie es in den Wolken enthalten ist, statt in den tropfbaren, unmittelbar in den starren Zustand übergeht, so nimmt es eine regelmäßige Gestalt an und fällt als Schnee herab. — Für die Entstehung des Hagels, welcher, wie bekannt, nur im Sommer, bey Tage, größten Theils Nachmittags, beobachtet wird, haben die Physiker bisher noch keine befriedigende Erklärung gefunden. Wenn sie denselben auch aus den begleitenden Umständen mit vieler Wahrscheinlichkeit für elektrischen Ursprungs halten, so können sie doch den Zusammenhang der Wirkung mit der Ursache nicht nachweisen. Die vorgeschlagenen Hagelableiter haben sich bisher noch nicht so, wie die Blitzableiter, bewährt (§. 196*). — Auch durch die chemische Verwandtschaft oder durch die hygroskopische Wirkung vieler Substanzen, wird der Atm. ein Theil ihres Wasserdampfes, wenn er von dem höchsten Grade der Dichtigkeit bey einer bestimmten T. nicht zu weit entfernt ist, wieder entzogen. Da alle trockenen, pulverigen, und alle porösen Substanzen hygroskopisch wirken (§. 112), so dürfte wohl die während eines heißen Tages ausgetrocknete Erde bey der Nacht einen Theil der verlornen Feuchtigkeit von der Atm. wieder zurückgewinnen. Deutlich sieht man diese hygroskopische Thätigkeit an Bergen, welche die Dämpfe als Nebel um sich verdichten und ihr Wasser aufsaugen. Da die Berge, wie alle übrigen hygroskopischen Substanzen, dieses nur thun können, wenn die Wasserdämpfe in der Atm. von ihrem Maximum der Dichtigkeit nicht weit entfernt sind, so geht das sogenannte Rauchen der Berge gewöhnlich der Wolkenbildung voran, und wird mit Recht für ein Verkündigungszeichen nasser Witterung gehalten. Die Menge von Wasser, welche die Berge auf solche Weise einsaugen, muß vielen Beobachtungen zu Folge sehr beträchtlich seyn. Auch viele lebende Wesen, sowohl aus dem Pflanzenreiche, wie z. B. die Fettpflanzen, die beynahe bloß aus der Luft sich nähren und

den Boden nur als Befestigungspunct benutzen, als auch aus dem Thierreiche, z. B. die Schafe, absorbiren aus der Atm. sehr viel Wasser.

Nach Dalton sinkt mit der Erhebung in der Atm. die T. in einem schnelleren Verhältnisse als der Thaupunct, jene nähmlich mit 240, diese mit 390 engl. Fuß um 1° F. Daher müssen sie bey irgend einer Höhe zusammenfallen. Ueber diese hinaus muß dann die Niederschlagung der Dämpfe, die Nebel- und Wolkenbildung anfangen. Dieser Umstand begünstigt die Nebel- und Thaubildung auf hohen Bergen durch hygroskopische Anziehung. Um die Menge des in was immer für einer Form aus der Atm. fallenden Wassers zu messen, hat man Regenmesser, Hyetometer oder Ombrometer, d. h. flache oben ganz offene, gewöhnlich metallene Gefäße von bestimmten Dimensionen, welche sich, zur Verhüthung des Wiederverdünstens, unten trichterförmig mit einer engen Oeffnung in ein anderes geschlossenes Gefäß münden. Stellet man einen Regenmesser auf dem Dache, den andern am Fuße eines hohen Hauses oder Thurmes auf, so findet man gemeiniglich in dem letzteren bedeutend mehr Wasser als in dem ersten; dieses dienet der oben angeführten Thatsache zum Beweise, daß der Regen sich während des Fallens durch die Atm. vermehrt. Copland will in seltenen Fällen auch das Gegentheil bemerkt haben, welches bey sehr großer Trockenheit der unteren Luftschichten geschehen kann. Man unterscheidet Dunstregen, Staubregen, Landregen, Strichregen, Platzregen, Wolkenbrüche. In den wärmeren Zonen fällt mehr Regen als in den kälteren, z. B. auf St. Domingo jährlich 115 Wiener Zoll, in Petersburg nur 16 Zoll. Vom 20. October bis 20. November 1817 betrug die Regenmenge in Grenada 16 P. Zoll. Im Jahre 1828 fiel zu Bombay Regen: im Junius 23,72, im Julius 52,75, im August 17,22, im September 22,8, im October 6 Zoll, zusammen in 5 Monathen 122 Zoll. Bey dem heftigsten Regen fällt bey uns selten über Einen Zoll Wasser aus der Atm., in heißen Ländern aber 3 bis 4 Zoll auf Ein Mahl (am 21. October 1817 auf der Insel Grenada 8 P. Zoll in 24 Stunden), in Tropfen von 1 Zoll im Durchmesser. In Gebirgen fällt mehr Regen als auf Ebenen. Nach Dalton's Versuchen war in den drey oben genannten Jahren die mittlere Menge des jährlichen Regens 33,660 engl. Zoll; davon verdünsteten 25,158 Zoll an Ort und Stelle, und 8,402 liefen durch die Flüsse ins Meer. Die mittlere Menge des auf die ganze Oberfläche der Erde fallenden Regens setzet man der Verdünstung gleich, beyläufig auf 30 W. Zoll. — In den neueren Zeiten hat Howard angefangen, die Wolken naturhistorisch zu classificiren und zu benennen. Er unterscheidet nur drey Arten von Wol-

ken: Cirrus, Cumulus, Stratus, und bezeichnet die Zwischenarten durch die Zusammensetzung dieser Ausdrücke (Gilb. A. 51, 1). Der Mehl- und Honigthau scheint das Product einer krankhaften Absonderung mancher Pflanzen zu seyn, welches die Erzeugung der Blattläuse begünstigt, und eine gewisse Beschaffenheit der Atm. scheint auf diese Erscheinung nur in so fern Einfluß zu haben, als sie jenen krankhaften Zustand der Pflanzen veranlasset. Der sogenannte fliegende Sommer besteht aus den Fäden, womit eine eigene sehr zahlreiche Art von wandernden Herbstspinnen (aranea obtextrix) Stoppeln und ähnliche Gegenstände umspinnt.

Bewundernswerth ist die weise Haushaltung der Natur in Hinsicht des Wassers. Da das Wasser vermöge seiner tropfbar-flüssigen Form der Schwere folgend (§. 69), sich stets nach den niedrigsten Puncten der Erdoberfläche bewegt; so würde es in kurzer Zeit von den höheren Puncten verschwinden, also das feste Land als ein ödes Grab aller lebenden Wesen verlassen, im großen Oceane, als dem allgemeinen und einzigen Wasserbehälter, angehäuft, der Bewegung durch Ebbe und Fluth und durch Winde ungeachtet, faulen, und dadurch wieder selbst für die Wasserthiere unbewohnbar werden. Um Alles dieses zu verhüthen, wendet die Natur ein einziges Mittel an: Wärme, und Ungleichheit ihrer Vertheilung auf der Oberfläche der Erde, sowohl der Zeit als dem Raume nach (§. 350). Das Wasser steigt mittelst der Wärme aus dem Meere als Dampf empor, wird sowohl durch die den Gasen eigene Vertheilungsart (§. 90), als durch Winde über das feste Land geführt, macht die Atm. durch seine Beymengung zur Unterhaltung des Thier- und Pflanzenlebens tauglich, fällt hier als erquickender Thau, als befruchtender Regen, als schützender Schnee, seltner als zerstörender Hagel herab. Von dem aus der Atm. auf die Erdoberfläche gefallenen Wasser rinnet ein Theil längs der Abhänge in Bäche und Flüsse zusammen, in denen es, nachdem es mannigfaltig als bewegende Kraft benützt worden ist, wieder dem Meere zuströmet, und dieses durch seine Beymengung auffrischt; ein Theil verdünstet von der feuchten Erde und von den sie bedeckenden Gewächsen; ein Theil wird für kurze Zeit von den lebenden Wesen verbraucht; ein großer Theil endlich dringt in die dürstende Erde ein, und macht diese zum nährenden Standorte für Pflanzen. Da den Gebirgen aus mehreren bereits angeführten Ursachen die größte Menge des atm. Wassers zu Theil wird, so wollen wir der Bewegung dieses Wassers folgen. Das Wasser sickert, seiner Schwere gehorchend, in dem trockenen Erdreiche und in den zerklüfteten Gebirgsarten tiefer hinab, wie man sich in jedem Bergwerksstollen überzeugen kann, wo das Wasser unaufhörlich tropft und zu seiner Gewältigung so kostspielige Baue (Erbstollen) und Maschinen (Wasserkünste) nothwendig macht, daß diese häufig

durch den Ertrag des Bergwerkes nicht mehr bestritten werden können. Solidere Steinlagen erschweren das Tieferdringen des Wassers immer mehr, und setzen ihm endlich, wenn auch ihre sparsamen Klüfte mit Wasser gefüllt sind, Gränzen. Man kann sich also in den Klüften der Berge, wie in communicirenden Röhren, hohe Wassersäulen vorstellen, derer untere Theile durch das Gewicht der oberen einen der Höhe der letzteren entsprechenden, manches Mahl ungeheuren Druck erleiden (§. 75). Durch diesen Druck getrieben, sucht das Wasser nach hydrostatischen Gesetzen (§. 76) nach allen Seiten einen Ausweg. Findet es seitwärts einen nur einiger Maßen permeablen Weg, so kommt es durch diesen zu Tage, und bildet die an Abhängen von Bergen vorzüglich häufigen Quellen. Das in tieferen Stellen seitwärts gedruckte Wasser kommt unter die angeschwemmten Gebirgsschichten der Thäler und der Ebenen, welche eigentlich auch nur weitere Thäler (Mulden) zwischen Gebirgen sind. Hier können Wässer von verschiedenen Gebirgen communiciren und sich in wechselseitiger Spannung erhalten. Ist das in solchem angeschwemmten Lande gewöhnlich zu unterst liegende grobe Gerölle oder der Sand mit einer wasserdichten Thonlage bedeckt, so kann das Wasser, ungeachtet seiner ungeheuren Spannung, nicht auf die Oberfläche der Erde gelangen, ausgenommen dort, wo die Thonlage zufällig unterbrochen ist, oder wo die darunter liegende Sandschichte zu Tage ausbricht: an solchen Stellen entspringen natürliche Quellen auf den Ebenen. Wird die Thonlage durchgraben oder durchbohrt, so sprudelt das Wasser mit großer Gewalt hervor, und kann in Röhren bis auf eine seiner Druckhöhe angemessene Höhe über die Oberfläche der Erde geleitet werden. Von dieser Art sind die Brunnen in Modena (Ramazzini de fontium Mutinensium admiranda scaturigine Mutinae 1691 et Genevae 1717). Auch in den Vorstädten von Wien und in einigen nahen Dörfern gräbt man seit einiger Zeit solche Brunnen. Zuerst wird die 10 oder 12 Klafter dicke Lage von Grus (Schotter) in der gewöhnlichen Weite eines Brunnens ausgegraben, bis man auf die 10 bis 50 Klafter mächtige Thonlage (den blauen Tegel) kommt. In die Mitte der entblößten Thonfläche wird ein gewöhnliches Brunnenrohr senkrecht fest eingeschlagen. Durch dieses Brunnenrohr wird der Erdbohrer eingesenkt, mit welchem die ganze Thonlage durchbohrt wird. Zuletzt kommt man auf die Steinplatte (verhärteten Mergel oder Sandstein). Wenn auch diese mittelst des Steinbohrers durchbohrt ist, dringt das Wasser so gewaltig hervor, daß die Arbeiter sich eiligst retten müssen. Die eingeschlagene Röhre wird nun durch senkrechte Ansatzröhren bis über die Oberfläche der Erde verlängert, wo durch ein horizontales Ausgußrohr das Wasser mit unveränderlicher Ergiebigkeit ausfließt, indem man durch das beschriebene Verfahren einen Brunnen in eine

lebendige Quelle verwandelt hat. *Garnier F. sur les puits artesiens. Paris* 1826, übersetzt und mit Zusätzen von Hrn. Waldauf von Waldenstein, bereichert in dessen »Anwendung des Bergbohrers zur Aufsuchung von Brunnenquellen,« Wien 1824. *Hericart de Thury sur les causes de jaillissement des eaux des puits forès ou fontaines artificielles. Paris* 1829. Boner, Anlage der Bohr- oder Artesischen Brunnen. Münster 1830. Poppe, die artesischen Brunnen. Tübingen 1831. Auf ganz ähnliche Art erbohrt man unter gewissen geognostischen Verhältnissen, statt Süßwasserquellen, Salzsoolen: das unter der Leitung des Hofraths Klenk mit dem besten Erfolge zu Weißbach am Kocher zu Stande gebrachte Salzsoole-Bohrloch hat eine Tiefe von 940 Fuß. Der Baurath Bruckmann zu Heilbron wendet das aus artes. Brunnen mit einer gleichbleibenden T. von +9 bis 10°R. quellende Wasser zum Freyhalten der Mühlräder vom Eise während der strengsten Winterskälte, ja sogar zu einigem Erwärmen von Werkstätten u. dgl. m. an. Entspringen Quellen in vertieften Gegenden, die keinen Abfluß auf der Oberfläche haben, so bilden sie Sümpfe. Solche Sümpfe können durch Abgraben der Quelle ausgetrocknet werden (John Johnston's Abhandlung über das Austrocknen der Sümpfe u. s. f. nach der von Elkinston entdeckten Verfahrungsart mittelst des Abfangens der Quelle. Aus dem Engl. vom Gr. v. Podewils auf Gusow). Auf eine andere Art entstehen Sümpfe, wenn das Regenwasser, welches in einer vertieften Gegend noch überdieß von den nächsten Anhöhen zusammenläuft, wegen einer der Erdoberfläche nahe liegende Thonlage, in die Erde nicht tief eindringen, und durch die eben beschriebenen unterirdischen Canäle abfließen kann. — Das Wasser, welches in gegrabenen Brunnen über dem blauen Thone durch das lockere Erdreich, oder durch den Grus, von dem es entweder unmittelbar als Regenwasser oder auch aus benachbarten Flüssen und anderen größeren Wasserbehältern aufgesaugt worden ist, durchsickert, heißt Seigerwasser und versiegt aus leicht begreiflichen Ursachen gewöhnlich bey lange anhaltender trockener Witterung: Hungerquellen. Jene unter der Thonlage hervorbrechenden Quellen sind perennirend, weil durch sie der ungeheure und jährlich sich erneuernde unterirdische Wasservorrath kaum vermindert, viel weniger erschöpft werden kann. Die Quellen unterscheiden sich übrigens nicht bloß durch die Menge, sondern auch durch die T. und durch die Nebenbestandtheile, die sie im aufgelösten Zustande mit sich führen, und durch mancherley Eigenthümlichkeiten: Mineralquellen (Otto System einer allgemeinen Hydrographie des Erdbodens. Berlin 1800).

Die mannigfaltigen in der Atm. vorkommenden, bald mehr, bald weniger auffallenden, bald regelmäßigen, bald unregelmäßigen, bald schnell vorübergehenden, bald anhaltenden Veränderungen, heißt man

Meteore (Feuer-Meteore, Wasser-Meteore u. s. w.), oder begreift sie auch manches Mahl unter dem collectiven Nahmen der Witterung. Die sehr ausgebreitete Lehre derselben (die aber bey weitem noch auf keinen festen, zuverlässigen Principien ruhet) heißt die Meteorologie oder Witterungskunde, und die daraus abgeleitete Lehre, die Witterung vorher zu bestimmen, die Meteorognosie oder Meteoromantie. Keine von beyden findet innerhalb der diesem Buche gesetzten Gränzen mehr Platz. (Systematischer Grundriß der Atmosphärologie von W. A. Lampadius. Freyberg 1805. — Lehrbuch über die physikal. Astronomie, Theorie der Erde und Meteorologie, von J. T. Mayer. Göttingen 1805. — K. W. G. Kastner's Handbuch der Meteorologie, 2 Bde. Erlangen 1823—1825. — De Luc's Untersuchungen über die Atm. Aus dem Französischen. Leipzig 1776. — Anton Pilgram's Untersuchungen über das Wahrscheinliche der Witterungskunde durch vieljährige Beobachtungen. Wien 1788. — Von den bisherigen Versuchen über die längere Voraussicht der Witterung. Eine geschichtliche Skizze mit Bemerkungen, vorgelesen in der öffentlichen Versammlung der königl. Bayer. Akademie der Wissenschaften v. Anselm Ellinger. München 1815. — G. F. Parrot's Physik der Erde. Riga und Leipzig 1815. — Erinnerungen aus Lichtenberg's Vorlesungen über physik. Geographie von G. Gamauf. Wien 1818. — Die Witterungskunde in ihrer Grundlage von Dr. Schön. Würzburg 1818. — Bode's Gedanken über den Witterungslauf. Berlin 1819. — Die Resultate von De Luc's, Saussure's und Dalton's Forschungen über die Atm. findet man größten Theils in den schon öfters empfohlenen physik. Wörterbüchern und Zeitschriften, mit lehrreichen Zusätzen, Vergleichungen und Erläuterungen, vorzüglich in Gilb. schätzbaren Annalen der Physik, dann auch in eigenen Abhandlungen über einzelne Gegenstände). Einigen Erfolg zur Aufhellung der die Meteorologie noch deckenden Finsterniß scheint man sich durch Verfolgung des Weges versprechen zu dürfen, den H. W. Dove durch Erforschung der Ursachen der Bewegungen in der Atm., und durch Zurückführung der unregelmäßigen Winde auf die regelmäßigen, in den letzten Bänden von Gilb. A., betreten hat.

Sternschnuppen, Feuerkugeln, Meteor-Massen.

401. Wenn auch die Sternschnuppen, Feuerkugeln und Das, was nach ihrem Verschwinden manches Mahl auf die Erde gelangt, die Meteor-Massen, keine Producte oder Erzeugnisse der Atm. sind; so veranlassen sie doch in derselben besondere Erscheinungen, und werden daher nicht ohne allen Grund gewöhnlich bey den Feuer-

Metoren abgehandelt. — Die Feuerkugeln entstehen meistens aus einem leuchtenden, Sternschnuppen ähnlichen Puncte, oder aus einem lichten Wölkchen, welches sich später entzündet, oder sie ballen sich aus mehreren lichten Streifen zusammen. Diese Meteore bewegen sich gleich nach ihrer Sichtbarwerdung mit so ungeheurer Geschwindigkeit (mehrere Meilen in einer Secunde), daß sie nur mit jener des Planetenlaufes verglichen werden kann, und beschreiben eine krummlinige Bahn, in welcher man, so wie in den Planetenbahnen, deutlich das Zusammenwirken einer Wurfkraft und der beschleunigenden Schwere wahrnimmt. Sie ziehen, indem sie sich vergrößern, und zu feurigen Flammen, Funken und Rauch ausstossenden oder diese als einen Schweif nachziehenden Kugeln ausbilden, in mehr oder weniger schiefen, manches Mahl auch mit dem Horizonte fast parallelen Richtungen über große Länder- und Meeresstrecken fort, machen öfters Bogensprünge, oder senken sich in parabolischen Bahnen, platzen dann in einer gewissen Nähe der Erde mit einem heftigen Knalle, und fallen nun, seltner in einer einzigen Masse, häufiger als Bruchstücke (Steinregen), die, so lange sie heiß sind, einen starken Schwefelgeruch verbreiten, auf die Erde, in welche sie manches Mahl nur wenige Zolle, manches Mahl auch 3 Klaftern tief eindringen. Diese herabgefallenen Massen lassen sich in 3 Classen bringen: Meteor-Eisen, Meteor-Steine, und Pulver von erdigen oder metallischen (bituminösen) Stoffen. Diese Massen enthalten zwar nur solche Bestandtheile, die auch sonst auf der Erde vorkommen, allein nirgends in einer solchen Verbindung. Immer ist das Volumen des herabgefallenen Productes viel geringer, als es die große Ausdehnung des Meteores (öfters von mehreren 100 bis 1000 Klaftern im Durchmesser) hätte erwarten lassen. Zuweilen nimmt das Meteor, nachdem es sich der Erde schon ziemlich genähert hat, entweder vor oder nach der Explosion eine andere Richtung, und entweicht wieder aus der Erd-Atm. in den großen Himmelsraum. — Die Sternschnuppen scheinen sich von den Feuerkugeln nur, theils durch ihre geringe Masse und Ausdehnung, theils dadurch zu unterscheiden, daß sie der Erde sich nicht so sehr nähern. — Das Erscheinen der Feuerkugeln und die Richtung ihrer Bewegung ist von Tags- und Jahreszeiten, von Wetter, Klima, von Weltgegenden, und von allen sonstigen bekannten Veränderungen auf der Erde und in der Atm. ganz unabhängig.

Die Feuerkugeln sind in Höhen von 1 bis 64 geogr. Meilen gesehen worden. Unter die vorzüglichsten vom Himmel gefallenen Gediegen-Eisenmassen (metallisches, sehr geschmeidiges, nickelhältiges Eisen, auf welchem sich mittelst Aetzen mit Scheidewasser eine Art von Damascusblumen, die sogenannten Widmanstädt'schen Figuren, hervorbringen lassen) gehören: das sibirische Meteor-Eisen, von Pallas 1772 entdeckt, 1400 russ. Pf. wiegend; das Agramer, 71 Pf. im Gewichte, dessen Herabfallen am 20. May 1751 bey Hradschina im Agramer Comitate ämtlich bestätigt worden ist; des Elbogner (der verwünschte Burggraf) von 191 Pf.; das ungrische (bey Lenarto im Sarosser Comitate gefunden) von 194 Pf. im Gewichte; das Cap'sche von 171 Pf.; das Afrikanische am Senegal; das Mexicanische von 20 Zentner; das Südamerikanische in der Provinz Chaco Gualamba, 300 Zentner im Gewichte; das Brasilische von 140 Zentner u. n. v. a. — Die Meteor-Steine sind viel häufiger, und viel zusammengesetzter. Man hat bisher in den Meteor-Steinen folgende Bestandtheile gefunden: Eisen sowohl gediegen als oxydirt und geschwefelt, Nickel, Kobalt, Kupfer? Chrom, Mangan, Kieselerde, Bittererde, Thonerde, Kalk, Natron, Salzsäure, Wasser, Schwefel und Kohlenstoff. — Zu den trocknen, staubartigen oder weichen vom Himmel gefallenen Massen scheint auch die den Schnee manches Mahl roth färbende Substanz zu gehören. Im Wiener k. k. Mineralien-Cabinette befinden sich 27 Meteor-Steine, die zu verschiedenen Zeiten an eben so vielen verschiedenen Orten herabgefallen sind, und 8 Arten von Meteor-Eisen. — Sternschnuppen sind von Brandes und Benzenberg am genauesten beobachtet worden. Brandes zählte ihrer 480 in einer Nacht am fünften Theile des Horizonts; Benzenberg rechnet im Durchschnitte für den sichtbaren Theil des Horizonts 7 bis 8 in einer Stunde. Ihre Entfernung von der Oberfläche der Erde beträgt von 1 bis 80 geographische Meilen, und, will man auch die Lichtpuncte dazu rechnen, welche Bode, Schröter und andere Astronomen manches Mahl durch das Feld der Teleskope ziehen sehen, auf 500 bis 1000 geogr. Meilen. Die scheinbare Geschwindigkeit ihrer von jener der Erde unabhängigen Bewegung ist sehr groß, 5 bis 6 Meilen in Einer Secunde, kann aber auch öfters von der Bewegung der Erde herrühren. Die Richtung dieser Bewegung geht zwar bald der Erde zu, bald von derselben ab und in allen Winkeln gegen die senkrechte Linie; doch bewegen sie sich häufiger der Erde zu, scheinen also der Anziehung des Erdkörpers zu folgen. Forster will beobachtet haben, daß die Zahl der Sternschnuppen im August sich zu jener im September wie 3:2 verhalte, daß sie in jedem andern Monathe des Jahres um 3 Mahl geringer als im August sey.

Die Meinungen der Naturforscher über die Entstehung der Feuerkugeln und Meteor-Massen lassen sich in drey Haupt-Abtheilungen bringen; Einige halten sie nähmlich für irdischen, Andere für lunarischen, und noch Andere für kosmischen Ursprungs. Von Denjenigen, welche die Metor-Massen für Gebilde unserer Erde halten, lassen sie Einige irgendwo von Erd-Vulkanen ausgeworfen werden; dazu reicht aber die Wurfkraft der Vulkane nicht hin, und die Meteor-Steine sehen andern vulkanischen Producten nicht ähnlich; Andere lassen sie auf eine unbekannte Art aus den Bestandtheilen der Erd-Atmosphäre gebildet werden; allein noch Niemand hat die Stoffe, aus denen die Meteor-Massen bestehen, als Bestandtheile der Atm. nachgewiesen; dann gehörten in einer Höhe von 60 Meilen, wo die Luft Millionen Mahl dünner als an der Erdoberfläche ist, Millionen Kubik-Meilen Luft dazu, wenn sie auch ganz in diese Meteor-Massen verwandelt werden könnte, um einen mehrere Zentner schweren Klumpen zu bilden; ferner widerstreitet die Geschwindigkeit und Richtung der Bewegung dieser Annahme; endlich erfolgen diese Erscheinungen ganz unabhängig von den übrigen Veränderungen in der Atm. — Die Möglichkeit, daß von Mond-Vulkanen Massen so weit von diesem Trabanten fortgeschleudert werden können, um von der Erde stärker als vom Monde angezogen der ersteren zuzufallen, ist von Olber's und La Place bewiesen worden: nach den Berechnungen des Letztern brauchen Körper auf dem Monde bloß mit einer Geschwindigkeit von 7771 F. in der ersten Secunde von seiner Oberfläche empor geschleudert zu werden, um in 60 Stunden auf der Erde anzukommen. Allein auch in diesem Falle könnten die Meteor-Massen nicht mit jener ungeheuren Geschwindigkeit von mehreren Meilen in Einer Secunde, und in der angegebenen Richtung in der Erd-Atmosphäre ankommen; dann würden sie anfänglich nicht als weit expandirter Dunst erscheinen, der sich erst in der Atm. verdichtet; endlich wäre es sonderbar, daß die Mond-Vulkane unter einander so ähnliche Massen, wie die Meteor-Massen sind, und darunter auch gediegenes Eisen mit Nickel auswerfen sollten. — Es bleibt also zur Erklärung aller Meteor-Massen nur die Annahme einer kosmischen Abkunft derselben übrig, nach welcher sie Ankömmlinge von Außen sind, welche früher weder der Erde noch ihrer Atm., noch dem Monde angehörten. In diesem Falle können sie Urmaterie, oder chaotische Materie seyn, welche als sehr lockere und leichte, den Cometen ähnliche Körper, für sich im Weltraume sich bewegt hatte, ohne einem andern Weltkörper anzugehören; oder sie können Trümmer eines zerstörten Weltkörpers seyn. Die Astronomen schließen aus mehreren Erscheinungen, z. B. aus dem Vorüberziehen von Lichtpuncten und Streifen im Felde der Fernröhre, und von dunklen Massen vor der

Sonnenscheibe, daß nebst den größeren Himmelskörpern, Sonnen, Planeten, Trabanten, Cometen, sich auch kleinere Massen von Materie im Weltraume bewegen. Keine der oben beschriebenen, das Herabfallen der Meteor-Massen begleitenden Erscheinungen steht mit dieser Annahme im Widerspruche. Aus dem plötzlichen Erscheinen und Verschwinden, dann aus dem auffallenden Lichtwechsel mancher Sterne, und aus mehreren andern Beobachtungen, halten sich die Astronomen nicht allein zu dem Schluße berechtigt, daß Weltkörper manches Mahl zerstört werden, sondern sie erklären auch die vier in unserem Sonnen-Systeme neu entdeckten Planeten, Ceres, Pallas, Juno, Vesta, sowohl wegen der Kleinheit ihrer Masse, als aus der Beschaffenheit und wechselseitigen Lage ihrer Bahnen (§. 39), für Trümmer eines großen, ehemahls zwischen dem Mars und Jupiter sich bewegenden Planeten. Bey solchen Ereignissen gibt es nun ohne Zweifel auch kleinere Bruchstücke (Späne), welche sich dann im Weltraume der erhaltenen Wurfkraft und den Anziehungen größerer benachbarter Weltkörper entsprechend bewegen, wenn sie in ihren, wegen so mannigfaltiger Störungen äußerst unregelmäßigen Bahnen der Erde zu nahe kommen, von dieser angezogen werden, und, wenn ihre Wurfkraft nicht stark genug ist, auf dieselbe niederfallen, oder sich bloß durch ihre Atmosphäre wieder in dem allgemeinen Weltraume fortbewegen. Die Aehnlichkeit aller Meteor-Massen, und ihr anfängliches Erscheinen als stark expandirter Dunst, stimmen mit der Herleitung der Meteor-Massen aus einer Ur- oder chaotischen, cometenartigen, im Weltraume zerstreut sich bewegenden Materie mehr überein. Das so äußerst häufige Erscheinen von Sternschnupppen widerspricht zwar den zwey letzten Hypothesen nicht, setzet aber doch eine größere Menge im Weltraume sich bewegender Klümpchen Urmaterie voraus, als man, ohne sich Gewalt anzuthun, annehmen kann. Erschöpft findet man diesen Gegenstand in E. F. F. Chladni's classischem Werke über Feuer-Meteore, und über die mit denselben herabgefallenen Massen. Mit 10 Steindrucktafeln, und derer Erklärung von Carl v. Schreiber's. Wien bey Heubner 1819.

D.

Akustik.

402. Die Akustik (ehemahls auch Phonik) ist die Lehre vom Schalle. Der Schall ist das Object der Wahrnehmungen durch das Gehör.

Dieser Abschnitt, den man nach dem Titel des Buches hier nicht suchen wird, ist bloß aus Willfährigkeit gegen einen von mehreren Seiten geäußerten Wunsch aufgenommen worden. Er ließ sich, obschon

er viel kürzer werden sollte, ohne Beeinträchtigung der Verständlichkeit, nicht enger zusammendrängen. Gegen den ihm gegebenen Platz werden die strengen Systematiker viel einzuwenden haben; der Verfasser mochte aber ihrem Urtheile nicht seine Ueberzeugung unterordnen, daß erst hier die Akustik den Lesern verständlich vorgetragen werden könne, indem sie die Kenntniß vieler früher abgehandelten Gegenstände voraussetzet, ohne daß die letzteren zu ihrer Verständlichkeit der Akustik bedürfen.

403. Man unterscheidet am Schalle etwas Qualitatives und etwas Quantitatives. Das Qualitative des Schalles, welches sich nicht durch Worte, sondern nur durch unmittelbare Wahrnehmung geben läßt, bezeichnen wir, wenn er durch eine bemerkbare Zeit mit einer gewissen Gleichartigkeit anhält, mit dem Ausdrucke Klang (besser vielleicht, wenn es allgemein angenommen wäre, mit Laut, im Französischen *timbre*): so klingt eine Glocke anders als eine Flöte, und das Brüllen des Stieres anders als das Schlagen der Nachtigall. Ein augenblicklich vorübergehender Schall heißt Knall. — Das Quantitative, welches einem Schalle vergleichungsweise mit einem andern zukommt, begreifen wir unter dem Ausdrucke der Höhe und Tiefe desselben, und nennen einen Klang, bey dem wir uns vorzüglich nur der Höhe und Tiefe bewußt werden, einen Ton, dessen Charakteristisches also darin bestehet, daß er eine bestimmte Tonhöhe hat: so hat eine kleine Glocke einen höheren Ton als eine große; die Stimme eines Mannes ist tiefer als die eines Kindes.

Ein Schall, der in seiner Dauer, entweder als Klang oder als Ton, nichts Gleichartiges behält, wie auch ein regelloses Beysammenseyn, oder eine solche schnelle Folge von Klängen und Tönen, heißt ein Geräusch: dahin gehört z. B. das Getöse in einer volkreichen Stadt, in einer Schlosserwerkstätte, das Stimmen der verschiedenen Instrumente vor dem Aufführen eines Musikstückes. So reich auch jede Sprache an meistens mahlerischen, d. h. nachahmenden Ausdrücken zur Bezeichnung der verschiedenen Arten von Klang und von Geräusch ist, so langen sie doch zur Unterscheidung der außerordentlichen Mannigfaltigkeit derselben nicht hin. Die deutschen Ausdrücke: Brausen, sausen, säuseln, seufzen, dröhnen, heulen, bellen, brüllen, klappern, knarren, knurren, knistern, schnarren, schnarchen, pfeifen, zischen, schwatzen, schnalzen, klatschen, knirschen, pochen, poltern, klirren, schwirren, sumsen, rasseln, prasseln, rieseln, plätschern, rauschen, rollen, donnern, platzen, knallen, krachen, schmettern, brummen, murren, plappern,

schnattern, blöcken, wiehern, meckern, girren, lachen, ächzen, krächzen, krähen, kreuschen, zirpen u. dgl., bezeichnen nur die kleinste Zahl der verschiedenen Arten von Klang und Geräusch. — Töne, bey denen es vorzüglich auf die Tonhöhe ankommt, die man ihnen also auch auf längere oder kürzere Zeit mit der strengsten Genauigkeit zu geben wissen muß, heißen musikalische Töne. Bey den articulirten Lauten der menschlichen Sprache, welche nur uneigentlich Töne genannt werden, kommt es gar nicht auf die Tonhöhe, sondern auf die verschiedenen Arten des Klanges (auf den Laut) an. — Jeder Ton muß auch ein Klang seyn; jeder Klang muß wohl auch eine gewisse Tonhöhe haben; er wird jedoch erst zum Tone, wenn auf seine Tonhöhe in Vergleich mit andern vorzüglich Rücksicht genommen wird. Man soll daher nicht sagen, daß ein Instrument einen schönen Ton, sondern daß es einen angenehmen Klang habe; umgekehrt soll man nicht von einem hohen oder tiefen Klange, sondern von einem hohen oder tiefen Tone sprechen. Ein Redner muß sich des Wohlklanges oder Wohllautes befleißen, der Gesang muß wohltönend seyn. — Eine dem Ohre gefällige Folge von Tönen mit einer angemessenen Geschwindigkeit, heißt Melodie; ein solches Zugleichseyn mehrerer Töne von einerley Klange heißt Accord; eine Folge von Accorden, die aus verschiedenen Klängen zusammengesetzt sind, heißt Harmonie.

404. Zu jedem Schalle ist erforderlich: ein schallender Körper, ein gesundes Gehör-Organ, und ein Zwischenkörper, durch welchen der Schall vom schallenden Körper bis zum Ohre fortgepflanzt wird, und den man den Schallleiter heißt. Die Akustik muß lehren, was bey der Wahrnehmung eines Schalles im schallenden Körper, was in dem Schallleiter, und was in dem Gehör-Organe vorgeht.

1. Von den schallenden Körpern.

405. Die Erfahrung lehret, daß nur elastische Körper im Stande sind, Schall hervorzubringen; daß sie, um zu schallen, auf irgend eine Art in Bewegung gesetzt werden müssen; daß sie während der ganzen Zeit des Schallens sich in einer zitternden Bewegung befinden, die so schnell geschieht, daß sie sich nur dem Gehöre und allenfalls dem Gefühle, keinesweges aber unmittelbar dem Gesichte offenbaret, sondern daß einige Kunstgriffe nothwendig sind, um sie mittelbar unter die Wahrnehmungen des Auges zu bringen. So fühlen wir z. B. die Bebungen einer geschlagenen Glocke oder

Trommel, die Schwingungen einer mit dem Geigebogen gestrichenen oder auf eine andere Art zum Klingen gebrachten Saite; um diese Bewegungen zu sehen, muß man die Glocke oder das Trommelfell mit Sand bestreuen. Diese Beobachtungen berechtigen uns zu dem Schluße, daß die Körper durch schwingende oder zitternde Bewegungen den Schall hervorbringen.

Zu mehrerer Ueberzeugung und zur Ausmittelung der Geschwindigkeit der hörbaren Schwingungen, spanne man einen ziemlich langen, gleichförmigen, elastischen Stahlstreif mit einem Ende in einen Schraubstock und setze ihn dann in schwingende Bewegungen. Die Mathematik lehret, daß die Geschwindigkeit oder die Zahl der Schwingungen eines solchen Streifes in einer bestimmten Zeit, gleich Pendelschwingungen, sich umgekehrt wie die Quadrat=Wurzeln seiner Länge verhalte. Der Stahlstreif soll so lang seyn, daß er in Einer Secunde 4 Schwingungen macht; diese wird man sehr gut sehen und zählen können, aber sie werden noch gar keinen Schall hervorbringen. Nun verkürze man den Streif um die Hälfte, oder spanne ihn in der Mitte ein; so wird er in Einer Secunde 16 Schwingungen machen, die nicht mehr zählbar (denn wir können in Einer Secunde höchstens auf 8 oder 9 zählen), aber doch auch noch nicht hörbar seyn werden. Nun spanne man ihn so ein, daß nur der vierte Theil seiner anfänglichen Länge für die Schwingungen frey bleibt, so wird er in Einer Secunde 64 Schwingungen machen; diese werden keinesweges zählbar, dafür aber sehr deutlich hörbar seyn. Auf diese oder eine ähnliche Weise hat man gefunden, daß ein elastischer Körper, um einen für musikalische Töne brauchbaren Schall hervorzubringen, in Einer Secunde wenigstens 32 Schwingungen machen muß. Der schneidende Schall eines Körpers, der in einer Secunde 30000 Schwingungen macht, ist für uns nicht mehr als Ton, sondern als bloßes Geräusch wahrnehmbar. In diese Gränzen (11 Octaven) scheint also das Gebieth musikalischer Töne eingeschränkt zu seyn; gewöhnlich nimmt man nur 9 Octaven unterscheidbarer Töne an.

406. Die Ursache der Schwingungen klingender Körper ist die Elasticität, so wie die Ursache der Pendelschwingungen die Schwere ist (§. 54). Da die Elasticität eben so wie die Schwere eine stetig wirkende, also beschleunigte Bewegung hervorbringende Kraft ist; so lassen sich die hörbaren Schwingungen elastischer Körper auf dieselben Gesetze zurückführen, denen die Pendelschwingungen gehorchen. Die Elasticität ist aber nicht, wie die Schwere, in allen Körpern genau dieselbe, sondern unterliegt einigen Modifica-

tionen, indem es an sich (durch innere Steifigkeit), durch Spannung und durch Druck elastische Körper gibt (§. 65). Um reine Töne hervorzubringen, muß Eine Dimension in Vergleich mit den zwey übrigen, oder es müssen zwey Dimensionen in Vergleich mit der dritten überwiegend groß, oder, mit andern Worten, der schallende Körper muß einer Linie oder Fläche sehr ähnlich seyn; denn nur in diesem Falle besitzen seine Theile so viel Beweglichkeit, daß sie durch äußere Ursachen leicht zu Schwingungen angetrieben werden, und diese dann gleichförmig fortsetzen können.

Beyspiele von linien- oder fadenartigen an sich elastischen klingenden Körpern haben wir an den Eisendräthen der Eisen-Violine, an der Stimmgabel; von fadenartigen durch Spannung elastischen Körpern an den Saiten; von Flächen, die durch innere Steifigkeit elastisch sind, an Glasscheiben, an den Schellen und Glocken; von Flächen die durch Spannung elastisch sind, an den Paucken- und Trommelfellen; die atm. L. endlich, und alle übrigen luftartigen Körper erhalten durch Druck den zu klingenden Schwingungen erforderlichen Grad von Elasticität.

407. Die Bewegung eines elastischen Körpers besteht entweder in Quer- oder Transversal-Schwingungen, welche senkrecht auf die Haupt-Dimension desselben geschehen, und Excursionen nach entgegengesetzten Richtungen machen; in Längen- oder Longitudinal-Schwingungen, welche in einer mit der Haupt-Dimension parallelen Richtung erfolgen, und sich durch wechselseitige Verdichtungen und Ausdehnungen an zwey oder mehreren entgegengesetzten Stellen äußern; oder in drehenden Schwingungen, wenn die Theile eines linienartigen Körpers sich um die Achse hin und her bewegen.

Um einen Körper in eine oder die andere dieser Schwingungsarten zu versetzen, muß man ihn in der Richtung, in welcher er schwingen soll, antreiben, d. h. bewegen. Die Querschwingungen sind bey den an sich und durch Spannung, die Längenschwingungen bey den durch Druck elastischen Körpern die wichtigsten. Die Querschwingungen der steifen an sich elastischen Körper oder der Stäbe befolgen andere Gesetze als jene der durch Spannung elastischen Körper oder der Saiten. Weil die letzten die gewöhnlichsten sind, so soll zuerst von diesen gehandelt und dabey zugleich der Zusammenhang vieler allgemeinen Eigenschaften des Klanges mit diesen Schwingungen gezeigt werden.

Querschwingungen elastischer Saiten.

407. Wenn eine Saite AB (Fig. 164) mit ihren beyden Enden an zwey feste Puncte A und B befestigt und stark gespannet wird, nimmt sie eine ganz gradlinige Richtung an. Wird sie durch was immer für eine Ursache, z. B. durch Daranschlagen oder Daranreissen (d. h. seitwärts oder in die Höhe ziehen), durch Blasen, oder durch Reiben mittelst eines geharzten Geigebogens aus dieser gradlinigen Richtung gebracht, z. B. in ihrer Mitte nach c gezogen: so wird sie, so bald die äußere Gewalt nachläßt, vermög ihrer Elasticität wieder die gerade Richtung anzunehmen streben, sich also von c gegen d hin bewegen. Da aber während der ganzen Zeit dieser Bewegung die Elasticität als eine stetige Kraft auf sie wirkt, so wird ihre Bewegung immer beschleunigt und in d selbst am geschwindesten; sie kann also in d eben so wenig ruhen, als ein Pendel, welches mit einer gewissen Geschwindigkeit in der senkrechten Richtung ankommt, ruhig bleiben kann; sondern sie muß dort mit der erlangten Geschwindigkeit eine Excursion nach e zu machen anfangen. Weil aber dieser Bewegung die Elasticität entgegen wirkt, so ist sie eine gleichförmig abnehmende, und wird in e selbst ganz Null. Nun wird die Saite durch die Elasticität wieder gegen d gezogen; und so müßte sie wie ein bewegtes Pendel, isochronisch in Einem fort schwingen, wenn nicht unvermeidliche Hindernisse die Excursionen immer kleiner machten, und die Saite endlich ganz zur Ruhe brächten. Die Excursionen geschehen mit gleicher Geschwindigkeit, sie mögen groß oder klein seyn, d. h. es werden in einerley Zeit eben so viel große als kleine Excursionen gemacht, weil die Elasticität in eben dem Verhältnisse kräftiger wirkt, als die Abweichung von der gradlinigen Richtung größer wird: die Schwingungen der Saite geschehen also nicht allein isochronisch, sondern auch tautochronisch (§. 54).

408. Die Geschwindigkeit der Schwingungen gespannter Saiten hängt eben so von ihrer Länge und Elasticität ab, wie die Geschwindigkeit der Pendelschwingungen von der Pendel-Länge und von dem Grade der Schwere. Der Grad der Elasticität steht bey Saiten mit der spannenden Kraft, welche sich durch Gewichte bestimmen läßt, im geraden Verhältnisse. Die Geschwindigdigkeit der Schwingungen verhält sich verkehrt, wie die Längen der Saiten und gerade wie die Qua-

drat-Wurzeln der spannenden Gewichte: eine zwey Fuß lange Saite schwingt also bey gleicher Spannung noch ein Mahl so geschwind als eine vier Fuß lange Saite; und damit eine mit vier Pfund gespannte Saite bey gleicher Länge noch ein Mahl so geschwind schwinge, muß sie mit 16 Pfund gespannt werden. — Uebrigens hängt die Zahl der Schwingungen in einer bestimmten Zeit bey gleicher Saitenlänge und Spannung auch von der Dicke der Saite ab, mit der sie im umgekehrten Verhältnisse stehet, indem, alles Uebrige gleich gesetzet, eine Saite mit einem gewissen Durchmesser, noch ein Mahl so schnell schwingt, als eine andere mit dem doppelten Durchmesser.

Bey allen diesen Vergleichungen werden Saiten von völlig gleichartiger Materie vorausgesetzet, die sich also durch nichts als durch Länge, Dicke oder Spannung unterscheiden.

409. Unter Schwingungszahl versteht man die Anzahl der Schwingungen, welche eine Saite oder ein klingender Körper überhaupt, in einer Secunde macht: und unter Schwingungsverhältniß verstehet man das Verhältniß der Schwingungszahlen zweyer klingender Körper, oder zweyer Klänge desselben Körpers.

410. Durch welche Modificationen der Schwingungen die Verschiedenheit des Klanges (Lautes, *timbre*) elastischer Körper hervorgebracht werde, warum z. B. eine Darmsaite anders als eine Messingsaite, diese wieder anders als eine Stahlsaite; warum eine Trompete anders als eine Flöte klinge, ist bisher noch nicht befriedigend erkläret. Die Beschaffenheit des Klanges hängt nicht allein von der Verschiedenheit der Materie und Form des klingenden Körpers, sondern auch von der Art ab, wie er zum Klingen gebracht wird: so bringt ein Virtuos auf demselben Instrumente viel lieblichere Töne hervor als ein Stümper. — Die Stärke des Klanges hängt vorzüglich von der Größe der Schwingungen und von der Menge der schwingenden Theile ab, obschon auch andere, später zu erwähnende Ursachen darauf Einfluß haben. — Bis zur Evidenz läßt sich dagegen beweisen, daß die Höhe und Tiefe der Töne von ihrem Schwingungsverhältnisse abhängt. Alle Umstände, welche die Schwingungszahl vergrößern, erhöhen den Ton, so wie ihn diejenigen tiefer machen, welche die Schwingungszahl vermindern. Die Tonhöhe verhält sich also verkehrt wie die Länge und Dicke der Saiten, und gerade wie

die Quadrat-Wurzeln der spannenden Kräfte. — Die Versuche zur Bestätigung dieses Satzes lassen sich am besten auf dem Monochorde machen, welches aus zwey auf einem Resonanz-Boden über zwey parallele Stege gespannten Messingsaiten bestehet. Die Saiten sind an einem Ende befestigt; an dem andern werden sie entweder durch Wirbel gespannt, wie in Fig. 214, Tab. V, oder sie laufen daselbst über eine Rolle, und die Spannung wird durch angehängte Gewichte genau bestimmt, wie Fig. 215. In der ersten Art von Monochord ist auf dem Resonanz-Boden ein Maßstab angebracht, längs welchem der Steg g verschiebbar ist, wodurch also der klingende Theil der Saite zwischen zwey Stegen nach Willkühr verkürzt werden kann. Bey sehr genauen Versuchen bedienet man sich, zur Vermeidung der Unrichtigkeiten, welche durch die nicht immer gleiche Reibung der Rolle hervorgebracht werden könnten, senkrechter Monochorde.

Spannet man auf dem Monochorde Fig. 215 die beyden gleichartigen, gleich dicken und gleich langen Saiten durch einerley Gewicht, so werden sie gleich hoch tönen. Läßt man die eine Saite durch dasselbe Gewicht gespannt, und vermehrt man das spannende Gewicht der zweyten, so wird diese höher tönen, und zwar in dem Verhältnisse der Quadrat-Wurzeln der spannenden Gewichte: ist z. B. eine Saite durch 4 Pfund gespannt, so wird die andere durch 16 Pfund gespannt werden müssen, um einen noch ein Mahl so hohen Ton (die Octave) zu geben. Es ist übrigens bekannt, daß bey allen unseren Saiten-Instrumenten die Saiten durch stärkeres Anspannen (größten Theils mittelst Wirbel) höher gestimmt werden. — Bringt man die beyden Saiten auf dem Monochorde Fig. 214 zum Einklange, und schiebt man den Steg g der einen bis in die Mitte des Maßstabes, so wird die Saite in zwey Hälften getheilt, wovon also jeder Theil in der nähmlichen Zeit jetzt noch ein Mahl so viel Schwingungen machet, als vorher die ganze Saite; daher wird auch der Ton jeder Hälfte noch ein Mahl so hoch seyn, als der Ton der ganzen Saite. Schiebt man den Steg auf den dritten Theil des Maßstabes, so wird er die Saite in zwey ungleiche Stücke theilen, wovon das eine Ein Drittheil, das andere Zwey Drittheile der ganzen Saitenlänge beträgt. Der kleine Theil wird 3 Mahl, der größere $1\frac{1}{2}$ Mahl so viel Schwingungen machen, als die ganze Saite, und folglich wird auch die Tonhöhe des ersteren 3 Mahl, die Tonhöhe des zweyten $1\frac{1}{2}$ Mahl jene der ganzen Saite übertreffen, und die erste wird noch ein Mahl so hoch als die zweyte seyn. Bey fortgesetzten und noch so mannigfaltig abgeänderten Versuchen wird man bestätigt finden, daß die Tonhöhe mit den

Schwingungszahlen im geraden und folglich mit der Länge der Saiten im umgekehrten Verhältnisse stehet. — Läßt man aus demselben Messinge zwey Saiten ziehen, wovon aber die eine den doppelten Durchmesser der anderen hat, und spannet man dann gleiche Längen von beyden auf dem Monochorde Fig. 115 mit denselben Gewichten; so wird die dickere noch ein Mahl so tief als die dünnere tönen, jene also in derselben Zeit nur die Hälfte der Schwingungen der letzteren machen. Fischer's verbessertes Monochord (Abhandlung der Berl. Ak. der Wissenschaften. 1825).

407. Das durchs Gehör wahrgenommene Verhältniß der Höhe zweyer entweder zugleich oder schnell nach einander gegebenen Töne heißt man Tonverhältniß oder Intervall. Da das Verhältniß der Höhe von dem Schwingungsverhältnisse abhängt, so läßt sich das erstere durch die Zahlen des letzteren ausdrucken. Die ausgezeichnetesten und in der Musik gebräuchlichsten Tonverhältnisse haben eigene Nahmen erhalten. Die folgende Tabelle gibt die Nahmen, die Schwingungsverhältnisse und die den letzteren entsprechenden Saitenlängen dieser Tonverhältnisse. Der tiefere Ton, welcher in dem angegebenen Schwingungsverhältnisse durch die kleinere Zahl ausgedrückt wird, heißt der Grundton.

Wenn man den Ton, welchen die ganze Saite hören läßt, für den Grundton annimmt, so muß man den in der dritten Spalte sowohl in gemeinen als in Decimal-Brüchen angegebenen Theil derselben zum Schwingen bringen, um den höheren Ton des entsprechenden Tonverhältnisses zu erhalten. Der Zahlausdruck für die Saitenlängen gilt auch zur Bezeichnung der Dauer einer einzelnen Schwingung, wenn die Schwingungszeit des Grundtons = 1 gesetzt wird.

Benennung des Tonverhältnisses.	Schwingungsverhältniß.	Saitenlänge und Schwingungszeit.
Einklang	1 : 1	1
Octave	1 : 2	$1/2 = 0,5$
Quinte	2 : 3 = 1 : 1,5	$2/3 = 0,666..$
Quarte	3 : 4 = 1 : 1.333..	$3/4 = 0,75$
Große Terz	4 : 5 = 1 : 1 25	$4/5 = 0,8$
Kleine Terz	5 : 6 = 1 : 1,2	$5/6 = 0,833$
Große Sext	3 : 5 = 1 : 1,666..	$3/5 = 0,6$
Kleine Sext	5 : 8 = 1 : 1,6	$5/8 = 0,625$
Große Septime . .	8 : 15 = 1 : 1,875	$8/15 = 0,533..$
Kleine Septime . .	9 : 16 = 1 : 1,777	$9/16 = 0,5625$
Secunden		
Großer ganzer Ton .	8 : 9 = 1 : 1,125	$8/9 = 0,888$
Kleiner » »	9 : 10 = 1 : 1,111	$9/10 = 0,9$
Großer halber Ton .	15 : 16 = 1 : 1,066.	$15/16 = 0,9375$
Kleiner » »	24 : 25 = 1 : 1,042	$24/25 = 0,96$
Komma	80 : 81 = 1 : 1,00125	$80/81 = 0,98765432$

Einklang ist derselbe Ton auf verschiedenen Saiten gegeben. Die Octave ist das einfachste Tonverhältniß: von zwey in der Octave gestimmten Saiten macht die höher gestimmte zwey Schwingungen, während die tiefer gestimmte Eine Schwingung macht (früher ist dieses mit dem Ausdrucke »die eine Saite tönt noch Ein Mahl so hoch als die andere« bezeichnet worden). Das Komma wird selbst von einem geübten Ohre nicht mehr deutlich unterschieden.

413. Die Töne bringen, wie bekannt, in einer gewissen Folge eine angenehme und in einer andern Folge eine unangenehme Empfindung hervor. Im ersten Falle sagen wir: die Töne consoniren (stimmen zusammen), oder sie bilden eine Consonanz; im zweyten Falle, sie dissoniren, oder ihr Tonverhältniß bildet eine Dissonanz. Untersuchet man die Schwingungsverhältnisse consonirender und dissonirender Töne, so findet man, daß nur solche Töne, die in einem sehr einfachen und leicht zu fassenden Schwingungsverhältnisse stehen, consoniren, und daß ihr Consoniren um so angenehmer, daher um so vollkommener ist, je einfacher ihr Schwingungsverhältniß gefunden wird. Töne, die in einem schwer aufzufassenden Schwingungsverhältnisse stehen, dissoniren in einem um so höheren Grade, je schwieriger jenes Verhältniß aufzufassen ist.

Je einfacher das Schwingungsverhältniß zweyer Töne ist, desto öfter muß der Anfang und das Ende einer Schwingung des einen mit dem Anfange oder Ende einer Schwingung des andern Tones, zusammentreffen. Die vollkommenste Consonanz ist daher die Octave, weil mit dem Anfange und dem Ende einer Schwingung des tieferen Tones zugleich eine Schwingung des höheren anfängt und endet, und die Octave sich also von dem Einklange nur dadurch unterscheidet, daß in der Mitte jeder Schwingung des tieferen Tones eine Schwingung des höheren Tones endet und anfängt. Die Empfindung beyder ist deßwegen so wenig verschieden, daß nach der Meinung vieler Tonsetzer Intervalle, die bloß um eine Octave von einander verschieden sind, als gleich betrachtet werden können; z. B. die Tonverhältnisse 2:3, 1:3, 1:6 sämmtlich als Quinten, obschon 1:3 die Quinte der Octave, und 1:6 die Quinte der doppelten Octave ist. Die Quinte 2:3, worin nach zwey Schwingungen des tieferen Tones immer Anfang und Ende der dritten Schwingung des höheren Tones zusammentrifft, ist noch eine vollkommene Consonanz. Die Quart 3:4 und die große Terz 4:5 sind schon minder vollkommene Consonanzen als die Quinte. Die kleine Terz 5:6 und die große Sext 3:5 sind unvollkommene Consonanzen. Die kleine Sext, die große und kleine Septime, und die Secunden sind Dissonanzen. — Zu einer conso-

nirenden Verbindung **dreyer** Töne im Gehör, d. h. zu einem consonirenden **Dreyklange** oder **Accorde** wird erfordert, daß die zwey andern mit dem Grundtone verbundenen Töne nicht nur gegen diesen, sondern auch unter einander sich consonirend verhalten. Man kennet nur zwey solche consonirende Dreyklänge. Beyde bestehen aus dem Grundtone, dann aus seiner großen und kleinen Terz, welche zusammen eine Quinte ausmachen. In dem einen, dem **harten Dreyklange** oder **Dur-Accord**, folgt auf den Grundton die große Terz, dann die kleine (die sich zum Grundtone als Quinte verhält); also $1 : 5/4 : 3/2$ oder $4 : 5 : 6$. In dem zweyten, dem **weichen Dreyklange** oder **Moll-Accord**, folgt auf den Grundton die kleine Terz und dann die große der letzteren (welche sich ebenfalls gegen den Grundton als Quinte verhalten muß); also $1 : 6/5 : 3/2$ oder $10 : 12 : 15$. Man sieht, daß der harte Dreyklang noch mehr consonirend als der weiche ist.

409. Die Höhe der Töne muß so unendlich mannigfaltig seyn, als es die Zahlausdrücke der verschiedenen Schwingungsverhältnisse seyn können. Um die verschiedenen Tonhöhen daher übersehen zu können, müssen sie nach einem gewissen Eintheilungsgrunde geordnet werden, und um sie zur Musik verwenden zu können, muß man unter ihnen die tauglichsten auswählen. Die **Eintheilung** geschieht nach Octaven, d. h. nach Verdoppelungen der Schwingungszahlen: eine Octave heißt deßwegen auch eine **Abmessung**. In jeder Octave sind aber, wie zwischen 1 und 2 noch eine zu große Zahl Mittelverhältnisse möglich. Man **wählt** unter diesen diejenigen, welche in den verschiedenen Verbindungen die meisten Consonanzen geben, und durch welche man von dem Grundtone zu seiner Octave mit Beybehaltung des Gefühls des Grundtons aufsteigen kann. Diese **Auswahl** bestimmt nun das **Ton-System** oder die **Tonleiter**. Das **diatonische Ton-System** der Alten enthielt zwischen den Octaven noch 6 Mitteltöne, die zu dem Grundtone in dem Verhältnisse der Secunden, der großen Terz, der Quart, der Quinte, der großen Sext und der Septime standen. Von diesem Systeme haben die Intervalle noch bis heute ihre Nahmen behalten. Folgendes Schema zeigt das Schwingungsverhältniß jedes Tones zu dem Grundtone, und jenes zweyer auf einander folgender Töne:

	c;	d;	e;	f;	g;	a;	h;	c
Intervalle zum Grundtone	1 :	9/8 :	5/4 :	4/3 :	3/2 :	5/3 :	15/8 :	2
Intervalle zum nächst vorhergehenden		9/8	10/9	16/15	9/8	10/9	9/8	15/16

Man sieht, daß die Töne in dieser Tonleiter nicht in gleichen Abständen auf einander folgen. Der zweyte ist um $1/8$ höher als der erste, der vierte ist aber nur um $1/15$ höher als der dritte. Drey Intervalle zwischen zwey auf einander folgenden Tönen betragen einen großen ganzen Ton $9/8$; zwey einen kleinen ganzen Ton $10/9$, den das Ohr von dem ersten nicht deutlich unterscheidet; zwey betragen nur einen halben Ton $16/15$. Daher kommt es, daß, wenn statt c ein anderer Ton als Grundton angenommen wird, man nicht dieselbe Reihe von Consonanzen erhält, also durch die angegebenen Töne nicht mit Befriedigung des Gehörs bis zur Octave des neuen Grundtones fortschreiten kann. Geht man z. B. von d als Grundton = 1 aus, so erhält man folgende Tonleiter:

d; e; f; g; a; h; c; d

$1 : 10/9 : 32/27 : 4/3 : 40/27 : 5/3 : 16/9 : 2$

Es fehlt hier die große Terz $5/4$, statt welcher die Dissonanz $32/27$ steht. Die Quinte ist zwar nicht rein, doch kommt das Verhältniß $40/27$ dem der Quinte $3/2$ so nahe, daß es sich dafür nehmen läßt. — Nach c als Grundton paßt diese Tonleiter bloß allein noch für a, weil sie in Beziehung auf diesen die meisten Consonanzen gibt:

a; h; c; d; e; f; g; a

$1 : 9/8 : 6/5 : 27/20 : 3/2 : 8/5 : 9/5 : 2$

Man hat hier Secunde, kleine Terz, die etwas unreine Quart, dann die Quinte, die kleine Sext und kleine Septime: es stehen also hier statt der großen Terz, Sext und Septime die kleinen Intervalle dieses Nahmens, wodurch die ganze Reihe von Tönen zum Grundtone eine andere Beziehung erhält, die sich zu der Beziehung der Töne mit c als Grundton eben so, wie die in dem weichen Dreyklange zu jener in dem harten Dreyklange verhält. Die Beziehung der Töne, wie sie mit c als Grundton Statt findet, heißt die harte Tonart oder Tonleiter (modus major, *Dur*), und eignet sich zum Ausdrucke der Freude; die Beziehung, in welcher die Töne gegen a als Grundton stehen, heißt die weiche Tonart (modus minor, *Moll*), und eignet sich mehr zum Ausdrucke der Traurigkeit. Die harte Tonart ist, wie der harte Dreyklang, consonirender als die weiche.

410. Nach dem diatonischen Ton-System kann man Musikstücke bloß aus c und a setzen, und darauf beschränkten sich auch die Alten. Gegenwärtig fordert man, daß jeder Ton als Grundton gewählet, oder aus jedem Tone gesetzet werden könne. Zu diesem Zwecke mußte man die Zahl der Töne in jeder Abmessung oder Octave vermehren. Dieses geschah durch Erhöhung oder Erniedrigung der 7 diatonischen Töne um den kleinen halben Ton $25/24$. Das

durch erhielt man 22 Töne, von denen man aber nur in der Theorie der Musik Gebrauch macht: in der Ausübung wird nur zwischen die um ein ganzes Ton-Intervall (9/8 oder 10/9) verschiedenen Töne ein Zwischenton eingeschoben, der zugleich zur Erhöhung des tieferen, und zur Erniedrigung des höheren gebraucht wird. Die Erhöhung eines Tones deutet man durch Anhängung der Sylbe is, z. B. cis, dis, und im Schreiben durch Zusetzen eines Kreuzes, die Erniedrigung durch die Sylbe es, z. B. ces, des, und durch Bezeichnung der Note mit b an. Auf solche Art bildete sich folgende aus 12 Tönen bestehende Tonleiter:

c, cis, d, dis, e, f, fis, g, gis, a, ais, h, c.

Diese Tonleiter heißt die chromatische, und ist gegenwärtig allgemein gebräuchlich. — Weil es aber in der diatonischen Tonleiter große und kleine ganze Ton-Intervalle gibt, so können die durch ihre Theilung entstandenen halben Intervalle auch nicht gleich seyn; z. B. das Intervall von c zu cis muß größer als jenes von d zu dis seyn. Daher kommt es, daß, wenn auch die Haupt-Intervalle in Beziehung auf einen gewissen Grundton ganz rein sind, sie in Beziehung auf einen andern Grundton etwas unrein ausfallen, welches Anfangs unmerklich ist, aber beym Fortschreiten durch mehrere Octaven sehr auffallend wird, indem sich das seltene Zusammentreffen der Schwingungen durch einzelne, abgebrochene, dem Gehöre sehr widrige Stöße zu erkennen gibt. Beym Singen und Violinspielen kann man sich zwar helfen; dieß geht aber bey musikalischen Instrumenten mit fixen Tönen, z. B. beym Clavier, bey der Orgel u. a. m. nicht an. Um diesen Fehler, wenn auch nicht zu vermeiden, doch wenigstens für das Gehör unmerklich zu machen, wird das zur vollkommenen Reinheit der Tonverhältnisse Fehlende unter alle gleich vertheilt, daß also die Tonverhältnisse in Beziehung auf keinen Grundton ganz rein, aber auch in Beziehung auf keinen merklich (einen Unterschied um das Komma 81/80 empfindet das Ohr nicht) unrein sind. Dieses Vertheilen heißt man Temperiren oder den Tönen eine Schwebung geben, und wenn man auf die angegebene Weise verfährt, bedienet man sich der gleichschwebenden Temperatur. Wenn man die Töne in Beziehung auf die gebräuchlichsten Tonarten so rein als möglich zu stimmen, und die Unvollkommenheit der Temperatur größten

Theils auf die ungewöhnlichen Tonarten zu wälzen sucht, wendet man eine ungleichschwebende Temperatur an.

Folgende Tabelle gibt das Verhältniß der Schwingungszahlen und der Saitenlängen nach der gleichschwebenden Temperatur, und das Verhältniß der Saitenlängen nach Kirnberger's ungleichschwebender Temperatur. Nach dem in dieser Tabelle angegebenen Schwingungsverhältnisse der verschiedenen Töne lassen sich die absoluten Zahlen der Schwingungen für alle Töne leicht berechnen, wenn man nur die absolute Schwingungszahl Eines Tones genau kennet.

Nahmen der Töne.	Schwingungsverhältniß nach der gleichschwebenden Temperatur.	Saitenlänge	
		nach der gleichschwebenden T.	nach Kirnbergers ungleichschwebenden T.
c Grundton	1,00000	1,00000	1,0000
cis kleine Secunde	1,05946	94387	9492
d große Secunde	1,12246	89089	8888
dis kleine Terz	1,18921	84089	8437
e große Terz	1,25992	79370	8000
f Quart	1,33484	74915	7500
fis falsche Quinte	1,41421	70710	7111
g Quinte	1,49831	66741	6666
gis kleine Sext	1,58740	62996	6328
a große Sext	1,68179	59460	5963
b kleine Septime	1,78180	56123	5625
h große Septime	1,88775	52973	5333
c Octave	2,00000	50000	5000

Die absolute Schwingungszahl läßt sich durch ein ähnliches Experiment ausmitteln, als oben (§. 405*) angestellt wurde, um die Zahl der Schwingungen zu finden, die in einer Secunde gemacht werden müssen, damit sie hörbar werden. Nachdem die übliche Stimmung höher oder tiefer ist, werden diese absoluten Schwingungszahlen für denselben Ton etwas verschieden ausfallen; es ist daher gut, eine gewisse absolute Schwingungszahl für einen bestimmten Ton anzunehmen, um immer eine gleiche Stimmung zu behalten. Gegenwärtig wird die Stimmung der Instrumente eines gewissen Musikvereines (eines Orchesters) allgemein nach einer Stimmgabel regulirt, welche das Ein Mahl gestrichene $\bar{a}$ angibt: nach Fischer's genauen Versuchen macht in Einer Secunde die Stimmgabel des Berliner Theaters 437, der Grand-Opera in Paris 431, des Theaters italien in Paris 424, des Theaters Feydeau 408 Schwingungen. Eine Darmsaite macht dieselbe Zahl von Schwingungen, als eine Metallsaite, mit der sie im Einklange ist. Nach Chladni's Vorschlag soll für den Ton, den wir mit groß C bezeichnen, für immer die absolute Schwin-

gungszahl 128 angenommen werden. Nach dieser Annahme bekommt man dann für C in den 10 Octaven, von denen man in der Orgel Gebrauch macht (für den Gesang braucht man nur 5 von groß C bis $\overline{\overline{\overline{C}}}$) folgende absolute Schwingungszahlen:

Nahme.	Schwingungszahl.	Nahme.	Schwingungszahl.
32füßiges C . . .	32	½füßiges 3 gestr. $\overline{\overline{\overline{C}}}$.	2048
16füßiges Contra C .	64	¼ » 4 gestr. C .	4096
8 » großes C .	128	⅛ » 5 gestr. C .	8192
4 » kleines c .	256	1/16 » 6 gestr. C .	16384
2 » 1 gestr. $\overline{C}$.	512	1/32 » 7 gestr. C .	32768
1 » 2 gestr. $\overline{\overline{C}}$.	1022		

Die Beynahmen des C, wodurch die verschiedenen Octaven angedeutet werden, sind theils von der Länge der Orgelpfeifen, welche das C in der entsprechenden Octave geben, theils von der Menge Striche, womit die das C in der genannten Octave bezeichnende Note durchschnitten wird, entlehnt. Im Französischen deutet man die Octave durch Zahlen an, die man wie Exponenten dem Tonzeichen anhängt. Auch bedient man sich weder im Französischen noch im Italienischen unserer Buchstaben zur Bezeichnung der innerhalb einer Octave enthaltenen Töne, sondern der Sylben ut, re, mi, fa, sol, la, si, ut.

Harmonische Töne, Theilschwingungen der Saiten.

411. Wenn man eine starke und lange Saite, vorzüglich eine Metallsaite, anschlägt, so höret man nebst dem Hauptone noch mehrere Nebentöne von verschiedener Höhe und Stärke. Ein geübtes Ohr unterscheidet in diesen Nebentönen die Octave, die Octave der Quinte, die doppelte Octave, die doppelte Octave der Terz u. s. w. des Grundtones, mit einem Worte: eine Reihe von Tönen, derer Schwingungszahlen zu jener des Grundtones = 1 in dem Verhältnisse der natürlichen Zahlen 2, 3, 4, 5 ... stehen. Man nennet diese mitklingenden Nebentöne die **harmonischen Töne**, weil dem Ohre die Coexistenz mehrerer Töne, die mit einander in so einfachen Verhältnissen stehen, sehr angenehm ist. Um sich die

Entstehung der harmonischen Töne zu erklären, muß man eine Veränderung entweder in der Dicke, oder in der Spannung, oder in der Länge der Saiten annehmen, weil von diesen Umständen die Höhe der Töne abhängt. In der Dicke und Spannung geht keine Veränderung vor; es bleibt also nur eine Veränderung in der Länge übrig, aus welcher sich die harmonischen Töne um so leichter herleiten lassen, da die Tonhöhe mit den Saitenlängen im umgekehrten Verhältnisse stehet. Wenn also eine Saite in 2, 3, 4, 5... Theile getheilt wird, so werden die Theile 2, 3, 4, 5... Mahl kürzer, und müssen daher Töne geben, derer Schwingungszahlen, folglich auch Tonhöhen, in dem Verhältnisse 2, 3, 4, 5... steigen: und dieses ist gerade bey den harmonischen Tönen der Fall. Daß eine Saite in solchen Theilen schwingen kann, läßt sich durch Versuche leicht beweisen: berührt man die Saite eines Monochords auf dem vierten Theile ihrer Länge so leise mit dem Finger, daß die Fortpflanzung der Schwingungen von einem Theile der Saite zum andern nicht gehindert wird, und streichet man dann den kleineren Theil der Saite mit dem Bogen, so erhält man nicht den Grundton der Saite, sondern die doppelte Octave desselben, dessen Schwingungszahl mit dem Grundtone in dem Verhältnisse von 4:1 stehet. Es können hier also nur Stücke der Saite getönt haben, die vier Mahl kürzer als die ganze Saite waren. Dieses kann nur dann geschehen seyn, wenn nicht nur der durch Berührung abgesonderte vierte Theil tönte, sondern wenn sich auch der andere drey Mahl so lange Theil in drey mit dem ersteren gleich große Theile absonderte, wovon jeder für sich schwingend denselben Ton hervorbrachte. So werden auf dem Violoncell und auf der Violine die so genannten Flagolett- oder Vogeltöne hervorgebracht.

Von dieser Eintheilung einer Saite in gleiche schwingende Theile kann man sich folgende Vorstellung machen. Es soll Fig. 165 die Saite A B in zwey gleiche Hälften getheilt schwingen. Die Schwingungen geschehen dann immer nach entgegengesetzter Richtung: während die eine Hälfte A c die Excursion nach der einen Richtung macht, schwingt die andere Hälfte nach B c der entgegengesetzten Richtung. Der Gränzpunct c zwischen beyden Hälften wird also jederzeit mit gleicher Kraft nach Einer und nach der andern Seite gezogen; bleibt folglich unbeweglich. Dieser zwischen zwey nach entgegengesetzter Richtung schwingenden Theilen befindliche unbewegte Punct heißt ein Schwin-

gungsknoten. Fig. 166 stellet eine in drey, Fig. 167 eine in acht gleichen Theilen schwingende Saite vor, wo die Schwingungsknoten immer mit c bezeichnet sind. Die in der 165sten Fig. nach Hälften schwingende Saite wird die Octave, die in der 166sten Fig. nach Drittheilen schwingende die Octave der Quinte, die nach Viertheilen schwingende die doppelte Octave, und die in der 167sten Fig. nach Achttheilen schwingende Saite die dreyfache Octave des Grundtones geben. Daß in den genannten Fällen die angegebenen Theilschwingungen wirklich erfolgen, beweiset nachstehender Versuch: Man setze auf die nach Achttheilen schwingende Saite Fig. 167 sattelförmig zusammengebogene Papierstreifchen so, daß auf jeden Schwingungsknoten und auf jeden Mittelpunct zwischen zwey Schwingungsknoten ein solches Papierchen zu sitzen komme, und mache sie dann auf die früher angegebene Art nach Achttheilen schwingen: die Papierstreifchen auf den Schwingungsknoten bleiben, wie auf unbewegten Puncten, ruhig sitzen, während die andern augenblicklich abgeschüttelt werden. — Das Streichen mit dem Bogen muß immer in der Mitte zwischen einem Befestigungspuncte und einem Schwingungsknoten verrichtet werden.

412. Eine Saite kann sowohl ihrer ganzen Länge nach, als auch nach Theilen, und zwar nach mehreren Eintheilungen zu gleicher Zeit schwingen, und sie muß dann eine diesen in ihr zu gleicher Zeit vereinigten Arten von Bewegung angemessene Krümmung annehmen. Eine Saite, die zu gleicher Zeit ganz und nach Hälften schwingt, wird eine Gestalt annehmen, wie sie Fig. 168 zeigt; eine ganz und nach Drittheilen zugleich schwingende wird wie jene in der Fig. 169 aussehen, u. s. w. Wenn nun eine Saite ganz, nach Hälften, nach Drittheilen, nach Viertheilen, Fünftheilen u. s. w. zugleich schwingt, so wird sie nebst dem Grundtone der ganzen Saite auch die harmonischen Töne hören lassen.

Wenn man zwey ungleich langen Saiten, wovon aber die längere ein Vielfaches der kürzeren mit einer ganzen Zahl ist, neben einander spannet, und die kürzere mit dem Bogen streichet, so wird die längere denselben Ton geben, indem sie in Theilen schwingt, die mit der kürzeren Saite von gleicher Länge sind. Bringt man eine längere Saite zum Tönen, so werden alle jene kürzeren Saiten mittönen, welche, ihrer Länge nach, einem der harmonischen Töne der längeren Saite entsprechen. Man kann sich davon auf einem Claviere, auf einer Harfe oder auf der Guitarre überzeugen. Die Mittheilung der Bewegung geschieht hier durch die Luft; sie kann aber auch unmittelbar erfolgen. Nicht nur Saiten, sondern auch alle anderen, hörbarer Schwingungen

fähigen, starren Körper können auf solche Art sowohl durch gleichartige als durch ungleichartige Klänge zum Mitschwingen gebracht und dadurch der Schall verstärkt werden, wenn sie nur durch ihre Ganz- oder Theilschwingungen entweder denselben Ton, oder einen der harmonischen Töne des klingenden Körpers zu geben vermögen. So höret man in Kirchen und Musiksälen, vorzüglich bey gewissen Tönen der Orgel oder auch anderer Instrumente, die Fensterscheiben mitklingen; bey manchen Tönen klinget diese Scheibe mehr mit, bey anderen jene. Wenn eine Trommel geschlagen wird, fängt eine andere nebenstehende, vorzüglich gleichgestimmte mit zu schwingen an. Bey dem Spielen der Saiten-Instrumente klinget der Resonanzboden auf eine sehr merkliche Weise mit. Dadurch werden die Erzählungen begreiflich, daß Menschen, vorzüglich Sänger mit einer starken Stimme Trinkgläser zersprengten, indem sie den Ton, welchen das Glas geben konnte, oder dessen Octave stark und anhaltend hineinschrieen. — Bey dem Angeben zweyer höherer Töne, die nach dem ihnen zukommenden Intervalle sehr rein gestimmt sind, hört man einen bedeutend tieferen Ton mitklingen, dessen Schwingungszahl immer 1 ist, wenn das Schwingungsverhältniß der beyden angegebenen Töne durch die kleinsten Zahlen ausgedruckt wird. Diese Erscheinung hängt von ganz andern Ursachen als das Mitklingen der harmonischen Töne ab. Das Gehör empfindet nähmlich nicht nur das Verhältniß der zwey höheren Töne; sondern auch das Zusammentreffen der Schwingungen machet auf dasselbe den Eindruck eines für sich bestehenden Tones, der in derselben Zeit, wo die zwey angegebenen Töne die ihrem Schwingungsverhältnisse entsprechende Zahl von Schwingungen vollbringen, nur Eine Schwingung zu machen scheint, und den man einen Combinationston (auch Tartini'schen Ton) heißt. Wenn man z. B. die große Terz, d. h. zwey Töne angibt, die in dem Verhältnisse 4:5 stehen, so höret man zugleich einen Ton, der um zwey Octaven tiefer ist als der tiefere der zwey angegebenen, sich also zu diesem wie 1:4 verhält. In folgendem Schema drucken die Puncte der oberen Reihe das Schwingungsverhältniß des höheren, die Puncte der mittleren Reihe das Schwingungsverhältniß des tieferen Tones, und die Puncte der unteren Reihe die Zeitpuncte des Zusammentreffens ihrer Schwingungen oder das Schwingungsverhältniß des dadurch mitgehörten tiefsten (Combination-) Tones aus.

. . . .
. . . .
. . . . . .

Dieser Versuch gelingt vorzüglich gut mit solchen musikalischen Instrumenten, in denen man den Tönen eine ziemlich gleiche Stärke geben, und sie nach Belieben aushalten kann; am besten also mit der

Orgel. Man bedienet sich daher seit langer Zeit dieses Mittels, um zu versuchen, ob eine Orgel richtig gestimmt sey. Abbé Vogler hat nach denselben Principien den Vorschlag gemacht, durch Anwendung der Combinations-Töne in den Orgeln die größten Pfeifen für die tiefsten Töne zu ersparen, der aber in der Ausführung sich nicht bewährt hat; Andreas Sorg (in seiner Anweisung zur Stimmung der Orgelwerke und des Claviers, 1744) scheint die Combinationstöne schon vor dem berühmten Tonkünstler Tartini (Trattato di musica, secondo la vera scienza dell' armonia. Padova 1754) nicht allein, wie dieser gekannt, sondern zu dem von Vogler vorgeschlagenen Zwecke benützt zu haben (Purkinje in Kastner's Archiv 7, 39).

Längenschwingungen der Saiten.

413. Die von Chladni entdeckten Längenschwingungen werden hervorgebracht, wenn man eine Saite mit dem Violinbogen so streichet, daß der Bogen mit der Saite einen sehr spitzigen Winkel machet, oder wenn man die mit Geigenharz bestrichene Saite mit einem Stückchen Tuch oder auch nur zwischen den Fingern der Länge nach reibt. Der dadurch hervorgebrachte Ton ist immer viel höher, schärfer und unangenehmer als derjenige, welchen dieselbe Saite durch ihre Querschwingungen gibt. Er richtet sich nicht nach der Spannung und Dicke, sondern nur nach der Länge und nach der Materie der Saite: je kürzer die Saite, desto höher der Ton. Eine Stahlsaite gibt einen höhern Ton, als eine gleich lange und dicke Messingsaite. Diese Schwingungen scheinen übrigens viel Aehnlichkeit mit den tönenden Luftschwingungen zu haben, von denen später noch die Rede seyn wird.

Schwingungen gespannter Membranen.

414. Ist eine überall gleich breite Membrane nur nach Einer Richtung gespannet, so ist sie wie eine Saite zu betrachten, indem sich ihre Quer- und Längenschwingungen, sie mögen der ganzen Länge nach oder in Theilen geschehen, nach denselben Gesetzen richten. Ist die Breite des gespannten, häutigen Streifes etwas beträchtlich, so werden wohl auch noch andere Schwingungen möglich seyn, die sich aber keiner Berechnung unterwerfen lassen, und von denen später bey der Betrachtung der Schwingungen elastischer Scheiben das Allgemeine vorkommen wird. — An einer nach allen Richtungen gespannten Membrane, z. B. an einem Paukenfelle, schwingt bey den Total-Schwingungen und vielleicht bey einigen

Theilschwingungen, jeder Durchmesser wie eine Saite; bey andern Theilschwingungen aber (bey Eintheilungen nach einer geraden Zahl) ist dieses nicht möglich. In dem letzten Falle theilet sich die Membrane wahrscheinlich in mehrere nach entgegengesetzter Richtung schwingende Flächenstücke ab, so daß nur der einzige Durchmesser, welcher alle diese Flächenstücke senkrecht schneidet, die diesen Theilschwingungen entsprechenden Krümmungen einer Linie oder Saite machet.

Schwingungen elastischer Stäbe.

415. Unter Stäben sind steife, an sich elastische Körper zu verstehen, die vorzüglich nur nach Einer Richtung (fadenartig) ausgedehnt sind, z. B. etwas dicke Drähte von Eisen oder einem andern elastischen Metalle, runde oder eckige Leisten von gradfaserigem Holze, gläserne Thermometerröhren u. dgl. Man versetzet sie auf eine ähnliche Art, wie Saiten in klingende Schwingungen, die auch entweder Quer- oder Längen-, Total- oder Theilschwingungen sind.

416. Die Höhe der durch Querschwingungen elastischer Stäbe hervorgebrachten Töne stehet mit der Dicke derselben im geraden Verhältnisse: ein Stab, der noch ein Mahl so dick als ein anderer ist, gibt auch einen noch ein Mahl so hohen Ton, oder die Octave des letzteren. Die Breite des Stabes hat auf die Tonhöhe keinen Einfluß. Dann verhält sich die Höhe der Töne verkehrt wie die Quadrate der Längen: ein noch ein Mahl so langer Stab gibt einen um zwey Octaven tieferen Ton. Darauf gründet sich die Einrichtung der Eisenvioline, welche aus Eisendrähten von verschiedener Länge, also auch verschiedener Tonhöhe, bestehet, die gewöhnlich in einem Halbkreise auf einem Resonanzboden stecken und mit einem Geigebogen gestrichen werden. Ferner hat auch die Materie, aus welcher der Stab bestehet, einen großen Einfluß auf die Bestimmung der Tonhöhe. Bey gleicher Materie und bey gleichbleibenden Verhältnissen aller Dimensionen verhalten sich die Tonhöhen umgekehrt wie die Kubik-Wurzeln des Gewichtes.

417. Die Schwingungen der Stäbe sind nach der verschiedenen Art ihrer Befestigung oder Unterstützung verschieden. Hier lassen sich 6 Fälle unterscheiden: 1) Ein Ende ist ganz fest, z. B. in einem Schraubstocke eingespannt, das andere Ende ganz frey; 2) ein Ende ist an einen festen Gegenstand, z. B. an einen

Tisch oder Resonanzboden bloß angestemmt, das andere Ende frey; 3) beyde Enden sind frey; 4) beyde Enden sind angestemmt; 5) beyde Enden sind ganz fest; 6) ein Ende ist ganz fest, das andere angestemmt.

Im ersten Falle, wenn ein Ende ganz fest, das andere ganz frey ist, bewegt sich der Stab bey der ersten oder einfachsten (Total-) Schwingungsart, welche den tiefsten Ton gibt, so hin und her, daß er mit seiner Achse (d. h. seiner Richtungslinie im ruhenden Zustande) Winkel macht, die im Befestigungspuncte des Stabes zusammenlaufen, wie es die Fig. 170 zeigt. Bey den übrigen Schwingungsarten nach Theilen wird die Achse an mehreren Puncten durchschnitten: diese durchschnittenen Puncte sind die Schwingungsknoten. Bey der zweyten Schwingungsart bildet der Stab, wie in Fig. 171, Einen Schwingungsknoten, bey der dritten zwey u. s. f. Der Ton bey Einem Schwingungsknoten verhält sich zu dem Tone, den derselbe Stab ohne Schwingungsknoten gibt, wie das Quadrat von 5 zu dem Quadrate von 2, also wie 25:4. Bey den übrigen Schwingungsarten von der zweyten an, nimmt die Höhe der Töne zu, wie die Quadrate der ungeraden Zahlen 3, 5, 7, 9, 11 u. s. w., wenn die Zahl der Schwingungsknoten wächst, wie 1, 2, 3, 4 u. s. f. — Im zweyten Falle, wenn ein Ende des Stabes angestemmt, das andere frey ist, muß bey der einfachsten Schwingungsart wenigstens Ein Schwingungsknoten vorhanden seyn, und der Stab sieht dann aus, wie ihn die Fig. 172 zeigt. Mit zwey Schwingungsknoten gestaltet er sich, wie in der 173sten Fig. Die Schwingungszahlen steigen, wie die Quadrate von 5, 9, 13, 17, 21, 25 u. s. w., wenn die Schwingungsknoten wie 1, 2, 3, 4, 5, u. s. w. zunehmen. — Im dritten Falle, wenn beyde Enden des Stabes frey sind, wie z. B. bey der Strohfiedel, wo die Stäbe in zwey Stellen, wo Schwingungsknoten entstehen sollen, durch weiche Unterlagen, z. B. von Kork, von zusammengedrehtem Papiere u. dgl. unterstützt werden, sind bey der einfachsten Schwingungsart wenigstens zwey Schwingungsknoten (an den Unterstützungspuncten) vorhanden, wie es die 174ste Fig. zeigt. Die Höhe der Töne steigt mit der Zunahme der Schwingungsknoten wie die Quadrate der ungeraden Zahlen: also so wie im ersten Falle; nur ist der tiefste Ton eines freyen Stabes viel höher. — Im vierten Falle schwingt ein an beyden Enden angestemmter Stab wie eine Saite; nur nimmt die Höhe der Töne nicht zu, wie die Zahl der Theile, in die sich der Stab theilet, sondern wie die Quadrate dieser Zahlen: wenn also der Stab sich in zwey Hälften theilet, mit dem Schwingungsknoten in der Mitte, so ist sein Ton um zwey Octaven höher als wenn er ganz schwingt, oder sein Ton verhält sich zu diesem wie 4:1. — Im fünf-

ten Falle macht ein an beyden Enden befestigter Stab Total-Schwingungen, wie sie die Fig. 175 vorstellet, und gibt dieselben Töne, wie ein an beyden Enden ganz freyer Stab. Im letzten Falle krümmt sich ein an einem Ende befestigter mit dem andern angestemmter Stab, bey seinen Total-Schwingungen wie in Fig. 176, und die Töne, die er bey diesen sowohl als bey seinen Theilschwingungen gibt, kommen mit jenen überein, welche ein an einem Ende angestemmter mit dem andern freyer Stab zu geben im Stande ist. — Wenn der tiefeste Ton, den ein Stab bey der Schwingungsart im ersten Falle (ein Ende befestigt, das andere frey) gibt, durch die Zahl 144 ausgedruckt wird, so verhalten sich seine tiefsten Töne bey der Schwingungsart im zweyten, dritten, vierten, fünften, sechsten Falle wie 625, 900, 400, 900, 625.

418. Die Längenschwingungen eines elastischen Stabes, welche auf eine ähnliche Art wie jene der Saiten hervorgebracht werden, bestehen in Ausdehnungen und Zusammenziehungen desselben zwischen seinen Befestigungspuncten oder Schwingungsknoten. — Die Verdichtung oder Ausdehnung ist immer an dem Befestigungspuncte oder Schwingungsknoten am größten, nimmt mit der Entfernung von diesen Puncten ab, und ist in der Mitte zwischen zwey solchen Puncten = 0. Die Geschwindigkeit hingegen, mit welcher die Theile des Stabes sich abwechselnd nach den Puncten der Verdichtung hin, und wieder davon zurück bewegen, ist an dem Befestigungspuncte oder Schwingungsknoten = 0, nimmt mit der Entfernung von diesen Puncten zu, und ist in der Mitte eines schwingenden Theils am größten. — Ein an einem freyen Ende schwingender Theil ist nur immer halb so lang, und gibt doch denselben Ton als ein zwischen zwey Befestigungspuncten oder Schwingungsknoten sich bewegender; man kann sich daher jeden zwischen zwey fixen Puucten schwingenden Theil als aus zwey mit einem freyen Ende versehenen und mit diesen zusammenstoßenden Theilen bestehend vorstellen. Die Tonhöhe, auf welche die Dicke des Stabes und das Mittel keinen, aber die Materie einen sehr großen Einfluß hat, verhält sich umgekehrt wie die Längen der schwingenden Theile.

Ein ganz freyer, der Länge nach schwingender Stab, bildet bey der einfachsten Schwingungsart mit dem tiefsten oder Grundtone in der Mitte Einen Schwingungsknoten, gegen welchen zu und von welchem ab, wechselweise die Bewegungen geschehen, wie es die 177ste

Fig. a und b zeigt. Sind, wie in Fig. 178, zwey Schwingungsknoten vorhanden, so liegen diese um den vierten Theil von dem freyen Ende entfernt, so daß jeder der zwey Endtheile nur halb so groß als der Mitteltheil zwischen den zwey Schwingungsknoten ist: ein Stab gibt bey dieser Schwingungsart die Octave des Tones, den er bey der vorigen gab. Fig. 179 stellt die Bewegung eines Stabes mit drey Schwingungsknoten dar, welche die Octave der Quinte des Grundtones gibt. Die Höhe der Töne stehet mit der Zahl, welche anzeigt, wie oft die Länge eines Endtheiles in der Länge des ganzen Stabes enthalten ist, im geraden Verhältnisse. — Ein an dem einem Ende befestigter, an dem andern Ende freyer Stab schwingt, wie es die Fig. 180 zeigt, und muß daher einen Ton geben, der um eine Octave tiefer ist, als jener, den derselbe Stab mit zwey freyen Enden gegeben hätte. Bey der zweyten Schwingungsart bewegt sich der Stab wie in der Fig. 181, und die Bewegung der dritten Schwingungsart ist in Fig. 182 versinnlicht. — Ein an beyden Enden befestigter Stab drängt sich abwechselnd nach einem und nach dem andern Ende (Fig. 183). Seine Schwingung mit Einem Schwingungsknoten sieht man in der Fig. 184, und seine Bewegung mit zwey Schwingungsknoten in der Fig. 185. Weil ein Stab zwischen zwey festen Puncten in Hinsicht der Töne, die er gibt, gleich ist einem halb so langen Stabe mit einem freyen Ende: so verhält sich die Tonfolge in dem letzten Falle genau wie im ersten, d. h. wie an einem ganz freyen Stabe.

Gekrümmte elastische Stäbe befolgen etwas modificirte Schwingungsgesetze. Es sollen hier bloß die Schwingungen eines gabelförmig gebogenen elastischen Stabes, einer Stimmgabel (§. 410) und die eines Ringes betrachtet werden. Die Entstehung einer Stimmgabel durch allmähliche Krümmung eines geraden Stabes zeigt die Fig. 213. Bey der einfachsten Schwingungsart sind zwey Schwingungsknoten vorhanden. Wäre der Stab gerade, so müßte der mittlere Theil noch Ein Mahl so lang als die beyden Endtheile seyn; durch die Biegung dieses mittleren Theils aber rücken die zwey Schwingungsknoten sich immer näher, der mittlere Theil zwischen ihnen wird dadurch immer kürzer, die beyden Endtheile länger, und der Ton in eben diesem Verhältnisse tiefer. Drey Schwingungsknoten lassen sich an einer Gabel, derer Schenkel parallel laufen, nicht anbringen. Eine Gabel mit 4 Schwingungsknoten zeigt die Fig. 212. — Ein zu einem Ringe gebogener und an den zwey sich berührenden Enden zusammen gelötheter Stab muß sich bey seinen Schwingungen nach einer geraden Zahl in Theile eintheilen, also bey der einfachsten Schwingungsart in zwey, bey den folgenden in 4, 6, 8 ... Theile. Die Töne werden dadurch höher im Verhältnisse der Quadrate der unge-

raden Zahlen 3, 5, 7, 9.... Man bringt einen Ring zum Tönen, wenn man ihn horizontal an drey Stellen, wo Schwingungsknoten entstehen sollen, auf weiche Unterlagen, z. B. zusammengedrehtes Papier, auf Korkstege u. dgl. legt, und die Mitte eines schwingenden Theils mit dem Bogen senkrecht streichet. — Die durch Längenschwingungen der Stäbe hervorgebrachten Töne sind von keinem Gebrauche und hier nur abgehandelt worden, weil die Schwingungen der Luft in den Blas=Instrumenten mit ihnen die größte Aehnlichkeit haben, und daher durch dieselben leichter verständlich werden (Savart in Gilb. A. 69, 118).

Schwingungen steifer elastischer Flächen.

419. Die Versuche über die hörbaren Schwingungen steifer, elastischer Flächen stellet man am besten mit Glasscheiben an, die nach ihrer ganzen Ausdehnung möglichst gleichartig, und vorzüglich gleich dick sind. Man hält sie an einem Puncte, wo ein Schwingungsknoten entstehen soll, entweder zwischen den äußersten Spitzen zweyer Finger, oder mittelst einer Fig. 211 abgebildeten unten an den Tisch anzuschraubenden Zwinge, und streicht einen der mittelst einer Feile oder mittelst Bimsstein etwas abgerundeten Ränder beyläufig in der Mitte eines schwingenden Theils, rechtwinklicht mit einem Geigebogen. Um die ruhenden und die schwingenden Theile der Scheibe sichtbar zu machen, bestreue man ihre obere horizontal gehaltene Fläche mit feinem, durch Waschen vom Staube befreytem, trocknem Sande, welcher von den schwingenden Theilen weggeworfen sich an den ruhenden Stellen sammelt und die so genannten Klang=Figuren bildet.

Einfache Schwingungsarten lassen sich leichter durch langsameres und stärkeres, zusammengesetztere durch geschwinderes und leichteres Streichen mit dem Bogen hervorbringen. Oft ist es bey zusammengesetzteren Schwingungsarten nothwendig, außer dem Befestigungspuncte der Scheibe noch eine andere Stelle, wo ein zweyter Schwingungsknoten entstehen soll, leise mit einem Finger zu berühren.

420. Die Schwingungen elastischer Scheiben lassen sich auf jene elastischer Stäbe zurückführen, wenn man nur die Vorstellung fest hält, daß in jenen Flächen, in diesen Linien schwingen, daß die Linien nur Untertheilungen ihrer Länge zulassen, da hingegen Flächen sich nach ihrer Länge und Breite untertheilen können; daß Flächen sich nur in Linien berühren können, und daß also die ruhenden Stellen zwischen zwey nach entgegengesetzter Richtung schwin=

genden Theilflächen Linien seyn müssen, welche **Knotenlinien** genannt werden. — Uebrigens muß sich eine Scheibe, wenn sie einen reinen Ton geben soll, immer in solche Flächen eintheilen, die mit gleicher Geschwindigkeit schwingen können. Wie bey Stäben, so sind auch bey Scheiben die schwingenden Theile an den freyen Rändern immer viel kleiner als zwischen zwey fixen Stellen. So wie ein nach Theilen schwingender Stab eine eigene **krumme Linie** bildet, so stellen schwingende Scheiben **krumme Flächen** dar. Durch Ungleichheit in der Dicke und in andern Eigenschaften der Scheibe, so wie durch Abweichungen im Halten und Streichen können die Klang-Figuren mannigfaltige Verzerrungen erleiden, ohne daß der Ton bedeutend verändert wird, indem diese Verzerrungen sich wechselseitig aufheben, d. h. jede Theilfläche, die auf einer Seite etwas verlieret, auf der andern wieder eben so viel gewinnet.

Von den möglicher Weise sehr verschiedenartig gestalteten Scheiben sollen hier bloß die Schwingungen an Quadrat- und runden Scheiben betrachtet werden. Eine ganz freye **Quadrat-Scheibe** bildet bey dem tiefsten Tone, den sie zu geben fähig ist, also bey der einfachsten Schwingungsart zwey mit den Rändern der Scheibe parallele Knotenlinien, die sich in der Mitte unter einem rechten Winkel schneiden, und die Fig. 195 bilden. Man bringt diese Klang-Figur hervor, wenn man die Scheibe in ihrer Mitte, als dem gemeinschaftlichen Mittelpuncte beyder Knotenlinien, hält, und nahe bey einer Ecke, z. B. bey c mit dem Bogen streichet. Streicht man mit dem Bogen die Mitte einer Seite, z. B. bey f, so erscheint die Fig. 196 mit einem um eine Quinte höheren Tone. Die Fig. 197 mit drey Knotenlinien, wovon zwey parallele in ihrer Mitte von der dritten rechtwinklicht durchschnitten werden, kommt zum Vorscheine, wenn man die Scheibe dort, wo sich zwey Linien kreuzen sollen, z. B. in g oder h hält, und in der Mitte der rechten oder linken Seite streichet: sie gibt einen um eine Octave und Terz höheren Ton als die Fig. 195. Die Fig. 198 erscheint, wenn man die Scheibe bey m hält, und an den nächsten Stellen des Randes bey n streichet: der Ton übersteigt den Grundton der Scheibe um beynahe einen ganzen Ton über zwey Octaven. Durch mehr Einwärtsfahren mit den haltenden Fingern erhält man bey unveränderter Tonhöhe die verzerrten Figuren 199 und 200. — **Chladni**, in dessen Werke über die Akustik man die hier bloß angedeuteten Gegenstände ausführlicher behandelt, und eine große Zahl Zeichnungen von Klang-Figuren findet, druckt die Zahl und Rich-

tung der Knotenlinien durch zwey mittelst eines senkrechten Striches getrennte Ziffer aus, wovon die eine die Zahl der Knotenlinien nach der einen, und die zweyte die Zahl der Knotenlinien nach der zweyten Dimension bezeichnet. So bedeutet $^1/_1$ die Figur 195 und 196, $^1/_2$ die Figur 197, $^3/_0$ die Figur 198 u. s. w. — Die einfachen Klang-Figuren lassen sich auf kleinen Quadrat-Scheiben von 4 Zoll Seite gut hervorbringen; zu den zusammengesetzteren Klang-Figuren werden öfters Scheiben von mehr als Ein Fuß im Durchmesser erfordert. — Wenn man mehrere kleine Scheiben mit einfachen Klang-Figuren derselben Art zusammenstellt, so erscheint öfters eine zusammengesetztere Klang-Figur, die sich auf einer großen Scheibe auf Ein Mahl hervorbringen läßt. — Scheiben von verschiedener Größe geben bey derselben Klang-Figur Töne von verschiedener Höhe, die kleineren höhere, die größeren tiefere. Auf derselben Scheibe ist die nähmliche Klang-Figur auch immer von demselben Tone begleitet, der desto höher ist, je zusammengesetzter die Klang-Figur, d. h. von je mehr Knotenlinien die Scheibe durchschnitten ist. Daher erscheint auch eine bestimmte Figur auf einer Scheibe nicht eher, als bis der ihr entsprechende Ton rein herausgebracht wird. Manche, von den eben angeführten Nebenumständen abhängende Verzerrungeu der Klang-Figur ändern den Ton nicht merklich, weil die Zahl der Knotenlinien dadurch nicht geändert wird. So kann die Fig. 210 a in b, c, d, e, f, g, h übergehen, ohne daß die Zahl der Knotenlinien oder der Ton eine Veränderung erleidet. Strehlke empfiehlt in einem lesenswerthen Aufsatze über die Klang-Figuren (in Gilb. A. 80, 205) Metallscheiben; Oersted statt des Sandes Herenmehl; Wheatstone (in Schweigg. J. 45, 257) eine dünne Wässerschichte.

Die Knotenlinien runder Scheiben lassen sich auf gerade Durchmesser und auf Kreislinien zurückführen, welche aber verschieden gekrümmt und verzogen seyn können. Die Durchmesser müssen sich kreuzen, und da die Größe der schwingenden Theile abnimmt, wie die Zahl der Durchmesser sich vermehrt, so muß also in eben demselben Verhältnisse der hervorgebrachte Ton höher werden. Die Menge der Durchmesser-Knotenlinien kann nur paarweise oder in geraden Zahlen zunehmen, aus derselben Ursache, warum ein Ring sich nur nach einer geraden Zahl in schwingende Theile theilen kann. Bey dem tiefsten Tone, den eine runde Scheibe geben kann, erscheint die Fig. 201, bey dem nächst höhern die Fig. 202, dann die Fig 203 u. s. w. — Will man auf einer runden Scheibe kreisförmige Knotenlinien hervorbringen, so muß man sie an einem Puncte dieser Knotenlinie, den man meistens nur durch öfteres Versuchen findet, halten, und an dem nächsten Puncte des Umkreises mit dem Bogen streichen: es erscheint dann die Fig. 204 mit dem tiefsten Tone dieser Scheibe mit

Kreis-Knotenlinien, der immer die Octave von der großen Terz jenes Tones ist, den die runde Scheibe mit den einfachsten Durchmesser-Knotenlinien, also mit der Fig. 195, gibt. Streicht man den Umkreis in einer Entfernung von 90 Graden vom Haltpuncte z. B. in d, so erscheint die Fig. 205. Die Fig. 206 bestehet aus Einer Kreis- und aus zwey Durchmesser-Knotenlinien, Fig. 207 ist eine Scheibe mit drey Kreis-Knotenlinien, wovon aber die äußere verzerrt ist.

Die Schwingungsarten von Quadrat- und Kreisscheiben, die an Einer Seite oder an zwey entgegengesetzten Seiten oder Puncten entweder bloß angestemmt, oder ganz befestigt sind, unterscheiden sich von den bisher beschriebenen Schwingungen freyer Scheiben eben so, wie die Schwingungen an beyden Enden freyer Stäbe von den Schwingungen der Stäbe mit befestigten oder angestemmten Enden sich unterscheiden. — **Glocken und klingende Gefäße** überhaupt lassen sich als gekrümmte elastische Kreisscheiben betrachten, welche bey ihrer Eintheilung Durchmesser-Knotenlinien bilden, die sich alle an der Glocke wie an der Scheibe, im Befestigungspuncte durchschneiden. Eine Glocke kann man sich auch aus Ringen von verschiedener Größe bestehend vorstellen, und es ist hier Alles anwendbar, was früher von den Schwingungsarten einer Kreisscheibe und eines Ringes gesagt worden ist, nur mit dem Unterschiede, daß die Ringe an einer Glocke von verschiedener Größe sind, und folglich auch bey einerley Eintheilung mit verschiedener Geschwindigkeit schwingen sollten, daß sie aber durch die wechselseitige Verbindung sich im Schwingen theils aufhalten, theils beschleunigen, so daß eine mittlere Geschwindigkeit und eine dieser entsprechende Tonhöhe herauskommt. Die Eintheilungen einer Glocke können nur nach ganzen geraden Zahlen geschehen, oder die Zahl der Theile kann nur paarweise wachsen. Bey der einfachsten Schwingungsart mit dem tiefsten Tone theilet sich eine Glocke durch 4 Knotenlinien (Halbmesser) in eben so viele gleiche Theile, bey der nächsten in 6, dann in 8, 10, 12, u. s. w., mit einer Tonhöhe, die dem Quadrate dieser Zahlen entspricht, daß also der zweyte Ton $(6/4)^2$ um eine Octave und einen ganzen Ton, der dritte $(8/4)^2$ um die doppelte Octave, der vierte $(10/4)^2$ um die doppelte Octave und eine Quart höher als der Grundton der Glocke (mit 4 Schwingungsknoten) ist. — So wie der Grundton einer Saite von den durch die Theilschwingungen derselben erzeugten höheren, oder harmonischen Tönen begleitet ist, so bemerkt man auch bey dem Grundtone der Glocke das Mitklingen höherer Töne, nur mit dem Unterschiede, daß die harmonischen Töne einer Saite sich zum Grundtone = 1 verhalten wie die natürlichen Zahlen 2, 3, 4, die harmonischen Töne einer Glocke aber wie die Quadrate dieser Zahlen, und daß die letzteren selten so rein wie die ersteren sind. — Gläserne, oder porzellanene Glok-

ken lassen sich durch Reiben mit einem nassen Finger zum Tönen bringen; davon kann man sich an jedem Trinkglase überzeugen, und darauf gründet sich die Einrichtung der Harmonika. Bey dem Reiben mit den Fingern ändern die Schwingungsknoten alle Augenblicke ihre Stelle, und laufen gleichsam mit dem Finger um die Glocke herum. Wenn nun die Glocke ungleiche Stellen hat, so wird auch der Ton sich ändern, je nachdem diese oder jene Stelle einen schwingenden Theil oder einen Schwingungsknoten macht. Man kann sich davon am besten an gläsernen oder porzellanenen Henkelgefäßen überzeugen, wo es einen großen Unterschied im Tone macht, ob der Henkel mitschwingt oder als Theil einer Knotenlinie ruhet. Da in der Harmonika aber jede Glocke immer genau denselben Ton geben muß, so macht es bey dem Baue derselben bedeutende Schwierigkeit, gläserne Glocken von völlig gleicher Beschaffenheit in ihrer ganzen Peripherie zu finden. — Gesprungene metallene Glocken (so wie Glas-, Porzellan- und Thongefäße) schwirren; durch Ausfeilen des Risses läßt sich dieser Fehler heben und der Klang wieder erträglich machen. — An Glocken und Gefäßen kann man die Knotenlinien nicht durch Sand sichtbar machen, wohl aber durch Wasser, womit man sie füllet, und welches von den schwingenden Stellen in kräuselnden Wellen nach Innen getrieben wird, während es an den Knotenlinien ruhig bleibt: die Bewegung des Wassers wird deutlicher und längere Zeit bemerkbar, wenn man dasselbe mit Lycopodium-Samen (Hexenmehl) bestreuet. In einem Gefäße, welches mit 4 Knotenlinien schwingt, wird die Wasserfläche in Gestalt von Fig. 208, und in einem mit 6 Knotenlinien schwingenden Glase das Ansehen von Fig. 209 annehmen.

Hörbare Schwingungen der Luft.

421. Jede der Luft mitgetheilte hinlänglich schnelle Bewegung bringt in dieser elastischen Substanz hörbare Schwingungen hervor: daher das Sausen und Heulen der Orkane; daher der äußerst heftige Schall beym schnellen Zusammendrücken und Ausdehnen der Luft, z. B. bey einem Peitschenknalle, bey allen Arten von Explosionen u. dgl. Gewöhnlich sind diese Bewegungen für einen Klang von zu kurzer Dauer, und zu wenig regelmäßig; es läßt sich daher auch kein bestimmbarer Ton darin unterscheiden. — Wenn die Luft etwas anhaltender schnell durch eine enge Oeffnung strömt, so schwingt dieselbe regelmäßiger, und es läßt sich darin eine Tonhöhe unterscheiden. Die Höhe des Tones hängt von dem Durchmesser der Oeffnung und von der Schnelligkeit der Luftströmung ab: mit dem ersten stehet sie im verkehrten, mit der letzten im geraden Verhält-

nisse; wenn beyde im gleichen Verhältnisse zu- oder abnehmen, so wird der Klang ohne Veränderung des Tones stärker oder schwächer. Hierher gehöret das Pfeifen des Windes durch enge Ritzen in den Fenstern oder Thüren, das Pfeifen mit dem Munde, die Töne, welche durch das Anblasen der bloßen Mundstücke gewisser Blas-Instrumente hervorgebracht werden u. dgl. m. — Wenn Luft in einem Raume, dessen Dimension nach einer Richtung jene nach den zwey übrigen bey weitem übertrifft, der also einen cylindrischen oder conischen, geraden oder gekrümmten Canal bildet, und gleichsam einen eben so geformten Luftstab einschließet, isolirt wird; so läßt sie sich durch schickliche Behandlung in **tönende Längenschwingungen** versetzen, die sich genau so wie die Längenschwingungen eines Stabes verhalten.

Um diese tönenden Längenschwingungen hervor zu bringen, muß man nicht die ganze eingeschlossene Luftmasse stoßen oder pressen, z. B. nur gerade hineinblasen, wodurch die Luft nur in einen kleinern Raum zusammengedrückt werden, aber nicht in Schwingungen gerathen würde; sondern man muß an einem Ende der eingeschlossenen Luftsäule eine Reihe von schnell auf einander folgenden, abwechselnden Verdichtungen und Ausdehnungen erregen, den Schwingungen eines klingenden, starren, elastischen Körpers ähnlich, welche, der übrigen Luftsäule mitgetheilt, darin hörbare Längenschwingungen hervorbringen. Man erreicht diesen Zweck am besten, wenn man so in die Röhre bläst, daß eine kleine, schnell bewegte Luftmasse sich an den Rändern der Röhre bricht: so pfeift man z. B. auf einem hohlen Schlüssel; derselbe Fall tritt bey allen unsern Blas-Instrumenten ein (*Savart in ann. de chim.* 29, 404).

422. Es läßt sich leicht erweisen, daß in den Blas-Instrumenten die Luft und nicht der Stoff, aus welchem das Instrument verfertigt ist, den klingenden Körper macht; denn man bemerkt an dem Instrumente nirgends Schwingungsknoten; der Stoff des Instrumentes, die Dicke und der Durchmesser desselben haben auf die Tonhöhe gar keinen Einfluß; selbst aus sehr wenig elastischen, und für sich nur eines sehr dumpfen Klanges fähigen Stoffen, z. B. aus Bley, lassen sich gute Pfeifen verfertigen; man kann ein Blas-Instrument ohne Veränderung der Tonhöhe in Tücher u. dgl. einhüllen. Wegen der verschiedenen Reibung der Luft an den ungleichartigen Stoffen, und wegen des Mitschwingens der Röhre, vermag die Materie des Instruments nur den Klang und die Stärke des

Tones verschieden zu modificiren. Dagegen ist die Tonhöhe eines Blas-Instrumentes von der Dichtigkeit, Elasticität und Länge der darin schwingenden Luftsäule abhängig; indem das Blas-Instrument um so höher tönet, eine je größere specifische Elasticität, d. h. ein je geringeres specifisches Gewicht bey gleicher Elasticität, die Luft besitzet: daher tönet eine in Wasserstoffgas getauchte und damit angeblasene Pfeife höher, als in atm. Luft; daher erhöhet sich die Stimmung der Blas-Instrumente während des Gebrauches, wenn sie durch den Athem, womit sie angeblasen werden, sich erwärmen, und ihre Wärme der eingeschlossenen, schwingenden Luftsäule mittheilen. Der Barometerstand hat auf die Tonhöhe der Blas-Instrumente keinen Einfluß, weil Elasticität und Dichtigkeit der Luft mit demselben im gleichen Verhältnisse steigen oder fallen, die sp. Elasticität also nicht verändert wird.

Die Versuche über die Tonhöhen der verschiedenen Gasarten sind sehr schwer mit der erforderlichen Genauigkeit anzustellen, daher auch die bisherigen keine genügenden Resultate gegeben haben (Richard van Rees in Schweigg. J. 33, 236).

423. Es gibt an Einem Ende geschlossene, gedeckte (gedackte) und es gibt an beyden Enden offene Blas-Instrumente. Das Ende, wo die Luft eingeblasen wird, muß immer als offen betrachtet werden, wenn es auch fest an den Mund gedrückt wird. Die Schwingungen der Luftsäule in Blas-Instrumenten mit Einem geschlossenen Ende kommen ganz mit jenen eines Stabes überein, der an Einem Ende befestigt ist; und die in einem an beyden Enden offenen Blas-Instrumente eingeschlossene Luftsäule verhält sich in ihren Längenschwingungen genau wie ein an beyden Enden freyer Stab. — Die höheren Schwingungsarten, d. h. die Schwingungen nach Theilen des klingenden Luftstabes, werden durch verstärktes Anblasen hervorgebracht.

Die einfachste Schwingungsart einer gedeckten Pfeife mit dem tiefsten Tone, den sie zu geben vermag, Fig. 186, geschieht von a nach b und von b nach a. In a am offenen Ende, ist die Dichtigkeit der Luft stets unverändert, gegen b hin nehmen die Veränderungen der Dichtigkeit zu, und sind in b selbst am größten. Die Bewegung der Luft dagegen ist in a am größten und nimmt gegen b zu ab. Der Ton steht mit der Länge der Pfeife im umgekehrten Verhältnisse; daher man auch bey Orgeln (und wohl auch in der Musik überhaupt

§. 410) die Höhe der Töne, oder wenigstens die Höhe der Octave, zu der sie gehören, durch die Länge der Orgelpfeifen ausdruckt. — Bey der zweyten Schwingungsart bildet die Luftsäule in 1/3 der Länge vom offenen Ende einen Schwingungsknoten Fig. 187. Man kann sich hier den zwischen zwey festen Puncten schwingenden Theil a als aus zwey an einem freyen Ende schwingenden Theilen y zusammengesetzt denken, mit der größten Bewegung in der Mitte, und mit der größten Dichtigkeitsveränderung an beyden festen Puncten. Der halb so lange Endtheil y gibt denselben Ton, den der ganze Theil a gibt. y ist in seiner Schwingungsart der ganzen schwingenden Luftsäule in Fig. 186 gleich, und da er drey Mahl kürzer ist, so muß die Schwingungszahl des entsprechenden Tones drey Mahl so groß seyn; oder die Tonhöhe einer gedeckten Pfeife mit Einem Schwingungsknoten muß sich zu dem Grundtone derselben Pfeife verhalten wie 3:1 oder die Octave der Quinte des letzteren seyn. Bilden sich in der Luftsäule zwey Schwingungsknoten, so nimmt sie die Gestalt von Fig. 188 an, und es kommt ein Ton zum Vorschein, der sich zum Grundton wie 5:1 verhält. So werden in einer gedeckten Pfeife mit der Zahl der Schwingungsknoten die Töne im Verhältnisse der ungeraden Zahlen höher. — Die Luftsäule in einer an beyden Enden offenen Pfeife Fig. 189 x, wie es die meisten unserer Blas-Instrumente sind, muß sich bey der einfachsten Schwingungsart, so wie ein an beyden Enden freyer Stab, in zwey Hälften theilen, und in der Mitte einen Schwingungsknoten bilden, gegen welchen, wie gegen einen gemeinschaftlichen festen Boden zweyer Pfeifen, von beyden Seiten die Verdichtungen und Verdünnungen der Luft erfolgen. An der Stelle dieses Schwingungsknotens sind also die Dichtigkeitsveränderungen der Luft am größten, die Bewegungen aber = 0: an den freyen Enden sind die Bewegungen am größten und die Dichtigkeitsveränderungen = 0. Eine an beyden Enden offene Pfeife stellt zwey gedeckte Pfeifen a c und b c vor, die mit dem geschlossenen Ende c zusammengefügt sind. Dieselbe Pfeife gibt also einen um eine Octave höheren Ton, wenn sie ganz offen, als wenn sie an Einem Ende geschlossen ist. Bey verschiedenen Längen verhält sich der Ton einer offenen Pfeife wieder umgekehrt wie die Längen. — Bey der zweyten Schwingungsart einer offenen Pfeife bildet sie, wie in Fig. 189 y, zwey Schwingungsknoten, und schwingt in drey Theilen: der Ton ist die Octave des Grundtones. — Bey der dritten Schwingungsart, Fig. 189 z, mit drey Schwingungsknoten, gibt sie die Quinte der Octave des Grundtons, oder verhält sich zu diesem wie 3 : 1; und so steigen bey offenen Pfeifen die Töne in demselben Verhältnisse wie die Zahlen der Schwingungsknoten.

Die Gestalt der Röhre hat nur wenig Einfluß auf den Ton; sie

kann cylindrisch oder conisch, gerade oder gekrümmt seyn. Zur Verstärkung des Klanges erweitert sich an den meisten unserer Instrumente das Ende parabolisch: eine am Ende erweiterte Röhre gibt einen etwas tiefern, und eine zusammengezogene einen etwas höhern Ton als eine durchaus cylindrische gleich lange; wovon die Ursache darin liegen mag, daß die schwingende Luftsäule, welche überhaupt etwas über die Röhre hinaus zu reichen scheint, durch Erweiterung der Mündungen verlängert, durch Verengung aber verkürzt wird. In Orgeln bedient man sich offener, ganz und zum Theil gedeckter Pfeifen. — In einigen unserer Blas-Instrumente, z. B. in der Flöte, in der gemeinen Pfeife Fig. 190, in den so genannten Flötenwerken der Orgel Fig. 191, wird die eingeschlossene Luftsäule unmittelbar in tönende Schwingungen versetzt: in andern, z. B. im Fagot, Hautbois, Clarinet, in den Rohr- oder Schnarrwerken der Orgel wird sie erst durch ein besonderes Mundstück gepreßt, bringt in diesem einen eigenen Ton hervor, welcher der übrigen Luftsäule mitgetheilt und dadurch modificirt wird. Die Instrumente der ersten Art haben entweder einen Ansatz, durch welchen die Schall erregende Luftwelle zugeführt und zur Hervorbringung der beabsichtigten Wirkung gehörig zugerichtet wird; dieses ist z. B. in der gemeinen Pfeife Fig. 190 der Theil ab, in dem Orgel-Flötenwerke Fig. 191 der Theil abcd; oder sie haben, wie die gemeine Flöte, keinen solchen Ansatz; in diesem Falle muß der Mund des Blasenden die Stelle desselben vertreten; daher es einige Uebung erfordert, um eine Flöte gehörig anblasen zu lernen. — Das Mundstück der Blas-Instrumente besteht aus elastischen Substanzen, welche durch die schwingende Luft in Mitschwingungen versetzt werden, und durch ihre Rückwirkung die Luftschwingungen verstärken. Am deutlichsten erhellt dieses aus der Einrichtung des Mundstückes einer Rohrwerks-Orgelpfeife Fig. 192. Die Röhre AB ist der Fuß, Stiefel, oder eigentlich das Windrohr der Pfeife, durch welches ihr der Wind zugeführt wird. Die Röhre ist in einer gewissen Höhe durch den Stöpsel cd luftdicht verschlossen. Durch diesen Stöpsel geht das rinnenförmig ausgehöhlte Holzstück ef, dessen ausgehöhlte Seite, durch den dünnen, nur in dem Stöpsel befestigten, sonst freyen Messingstreifen g, welcher die Zunge heißt, so bedeckt ist, daß an der Spitze nur eine kleine Spalte bleibt. Der krumme Draht h heißt die Krücke und dienet dazu, den Messingstreif höher oder tiefer an die Rinne anzudrücken, dadurch den Befestigungspunct desselben zu erhöhen oder zu erniedrigen, und den für die Schwingungen frey bleibenden Theil zu verlängern oder zu verkürzen. Wird die Luft in B eingeblasen, so sucht sie durch die Rinne zu entweichen; weil ihr aber hier nur eine enge Spalte offen stehet, so wird sie in der Röhre zusammengepreßt, druckt den Messingstreif

an die Rinne fest, und verschließt sich dadurch den Ausweg ganz. Der Messingstreif erhebt sich wieder durch seine eigene Elasticität, öffnet dadurch der Luft den Ausgang wieder, geräth in Schwingungen, während welcher derselbe abwechselnd die Rinne öffnet und schließt. Dieses dauert so lange, als durch B Luft eingeblasen wird. Die Schnelligkeit der Schwingungen des Messingstreifes, und folglich die Höhe des Tones, steht mit der Länge des schwingenden Theils des Streifes im umgekehrten, mit seiner Elasticität aber und mit der Stärke des Luftstromes im geraden Verhältnisse. Daher wird der Ton durch Niederdrücken der Krücke höher, durch Aufziehen derselben tiefer. Wenn auf diesem Mundstücke, wie es immer der Fall ist, eine andere längere Röhre, das Stimmrohr, steckt, so wird mittelst der durch die Rinne entweichenden Luft die in dem Stimmrohre eingeschlossene Luftsäule in entsprechende Längenschwingungen versetzt, und durch diese doppelte Art von Schwingungen eine eigene Modification des Klanges hervorgebracht. Die Länge des Stimmrohres muß aber mit dem Mundstücke in einem gewissen Verhältnisse stehen; denn wenn der Ton des Mundstückes von dem Tone, für welchen die in dem Stimmrohre eingeschlossene Luftsäule vermög ihrer Länge am meisten geeignet ist, sehr abweichet, entstehet, vorzüglich in engen Pfeifen, ein sehr unangenehmer Klang und kein reiner Ton. In Orgelpfeifen, wovon jede nur für Einen Ton bestimmt ist, und welche ein freyes Mundstück haben, wird dieses Verhältniß bey dem Stimmen der Orgel Ein für alle Mahl gefunden: bey den Clarinetten, Fagots, Hautbois und andern Instrumenten mit Mundstücken im engern Sinne (weil sie beym Anblasen vom Munde umschlossen werden), auf denen sich alle möglichen Töne müssen geben lassen, muß der Künstler das Mundstück durch stärkeres oder schwächeres Zusammendrücken mittelst der Lippen mit dem jedes Mahl hervorzubringenden Tone in Uebereinstimmung bringen, wozu eine langwierige Uebung gehöret. — Durch das Mundstück wird der Klang einer Röhre nicht allein modificirt, sondern auch verstärkt, weil mitschwingende starr elastische Körper, obschon sie selbst erst durch die Luft in Schwingungen versetzt worden sind, die Schwingungen der letzteren, eben so wie durch eine Flamme erhitzte starre Körper die Lichtstärke der ersteren, zu verstärken vermögen. Wir sehen dieses bey den Rohrpfeifen der Kinder, beym starken Anblasen eines Streifes Papiers, eines Schilfblattes, welches man zwischen den Fingern beyder Hände gespannt hält u. dgl. Ein Mundstück ist wie eine Stimme zu betrachten, die durch ein Sprachrohr spricht (W. Weber leges oscillationis etc. auszugsweise von Chladni in Kastner's Archiv 10, 443).

424. In den Blas-Instrumenten ist die eingeschlossene Luft-

säule entweder von beständiger oder von veränderlicher Länge. Auf den ersten, z. B. auf dem Waldhorne, auf der Trompete u. dgl. m. lassen sich durch die verschiedene Stärke des Anblasens nur jene Töne hervorbringen, welche durch Vervielfältigung der Schwingungsknoten entstehen können, also in (an beyden Enden) offenen Instrumenten solche, die zu dem Grundtone = 1 in dem Verhältnisse 2, 3, 4, 5... stehen, und in gedeckten (an Einem Ende geschlossenen) Instrumenten solche, die zu dem Grundtone = 1 in dem Verhältnisse 3, 5, 7, 9, 11, 13... stehen (§. 423). Die meisten Blas-Instrumente haben, wie die Flöte, das Fagot, das Hautbois u. dgl., auch Seitenlöcher, durch derer Oeffnen man die schwingende Luftsäule nach Belieben abkürzen, und dadurch den Ton erhöhen kann. Diese Seitenöffnungen sind von verschiedener Wirksamkeit, je nachdem sie einem Schwingungsknoten mehr oder weniger nahe liegen, größer oder kleiner sind. Die Ursachen der von der Erfahrung gelehrten Anordnung der Seitenlöcher bey den Blas-Instrumenten sind von der Wissenschaft noch nicht angegeben.

Die Töne, welche auf einem offenen Instrumente ohne Seitenlöcher, z. B. auf dem Waldhorne, hervorgebracht werden können, sind nach ihrem Schwingungsverhältnisse und nach ihrer Bezeichnung in der Musik folgende, wenn der Grundton des Instrumentes = 1 gesetzt, und mit $\underline{C}$ bezeichnet wird: $1 = \underline{C}$, $2 = C$, $3 = G$, $4 = c$, $5 = e$, $6 = g$, $7 = \sharp a$, $8 = \overline{c}$, $9 = \overline{d}$, $10 = \overline{e}$, $11 = \sharp \overline{f}$, $12 = \overline{g}$, $13 = \flat \overline{a}$, $14 = \sharp \overline{a}$, $15 = \overline{h}$, $16 = \overline{\overline{c}}$, $17 = \flat \overline{\overline{d}}$, $18 = \overline{\overline{d}}$, $19 = \flat \overline{\overline{e}}$, $20 = \overline{\overline{e}}$, u. s. w. Man sieht, daß die Töne in den untersten Octaven durch die größten Intervalle von einander getrennt sind, und daß sie in den oberen Octaven in so kleinen Intervallen, als man sie nie braucht, auf einander folgen. In den unteren Octaven kann ein geschickter Künstler durch zweckmäßiges Einbringen der Hand in die Mündung des Instrumentes (das Stopfen), wodurch er es einer gedeckten Pfeife mehr oder weniger ähnlich macht, die Zahl der Töne bedeutend vermehren. — Wenn ein Seitenloch gerade in die Mitte zwischen zwey Schwingungsknoten fällt, so hat sein Oeffnen oder Schließen gar keinen Einfluß auf die Tönhöhe (*F. Savart, sur les vibrations de l'air in ann. de chim. et phys.* 24, 56 und 29, 404).

Von der Stimme.

425. Das Organ der Stimme bey Menschen und Thieren ist auch den musikalischen Blas-Instrumenten beyzuzählen. Das menschliche Stimmorgan hat mit der Pfeife eines Orgelrohrwerkes

(§. 423*), oder überhaupt mit einem Blas-Instrumente mit freyem Mundstücke, die größte Aehnlichkeit: die Lungen stellen den Blasbalg vor; die aus abwechselnden knorpligen (nach hinten nicht geschlossenen) und häutigen Ringen bestehende, nur unbedeutender Verlängerungen und Verkürzungen fähige Luftröhre führt den Wind zu, ist also das Windrohr; der Kehlkopf ist das freye Mundstück; die übrigen Theile des Mundes vertreten die Stelle des Stimmrohres. Im Kehlkopfe wird die Stimme gebildet, durch die übrigen Theile des Mundes wird sie articulirt. Der Kehlkopf ist die aus verschieden geformten Knorpeln und Häuten gebildete Erweiterung am obersten Ende der Luftröhre. Ueber seine obere Mündung sind zwey häutige Bänder (Kehl- oder Stimmbänder) so gespannt, daß sie in der Mitte nur eine feine Spalte, die Stimmritze, für den Durchgang der Luft lassen. Die Stimmritze wird beym Hinabschlingen von Speisen und Getränken durch den Kehldeckel geschlossen. Durch die mittelst eigener Muskeln zu bewerkstelligenden Bewegungen der Knorpel des Kehlkopfes können die Stimmbänder mehr gespannt und dadurch die Stimmritze zugleich verengt werden, indem sich die Stimmbänder an ihren beyden Enden über einander legen, und für die durchziehende Luft nur eine sehr verkürzte und verengte Spalte in der Mitte übrig lassen; durch entgegengesetzte Bewegungen werden die Bänder nachgelassen, und die Stimmritze wird erweitert. Sind die Stimmbänder nicht gespannt, die Stimmritze weit offen, und wird die Luft nicht mit einiger Kraft aus den Lungen gepreßt, so bläst sie frey durch die Stimmritze, so wie der Wind durch ein offenes Fenster, ohne einen Schall zu erregen: dieses ist bey dem ruhigen Athmen der Fall. Wird die Luft mit großer Gewalt ausgestoßen, so entsteht selbst bey ganz offener Stimmritze ein deutlich hörbarer Schall, z. B. beym Laufen, Husten, Schluchzen, Holzhacken u. dgl. Werden die Stimmbänder etwas gespannt, und wird die Stimmritze dadurch verengt, so versetzt die auch nur etwas stärker aus den Lungen getriebene, und durch die Stimmritze gepreßte Luft, die Stimmbänder (wie die Zunge eines freyen Mundstückes) in klingende Erzitterungen (wie man es an lebenden Hunden bey entblößtem Kehlkopfe bemerkt hat). Der dadurch hervorgebrachte Schall wird in den übrigen Theilen des Mundes dann weiter ausgebildet oder articulirt. Je enger die Stimmritze, und je kürzer der mittlere freye Theil der Stimmbänder ist, desto schneller geschehen

die Schwingungen, und desto höher ist der Ton: daher die zur Hervorbringung ungewöhnlich hoher oder tiefer Töne erforderliche Anstrengung.

Man hat das Stimmorgan mit einem Saiten-Instrumente verglichen, und die Kehlkopfbänder für zwey gespannte Saiten erklärt: allein wo wäre in dem Kehlkopfe Platz für Saiten von solcher Länge, als sie die tiefsten Töne der Stimme erfordern? Ohne Zweifel ist das Stimmorgan ein Blas-Instrument, und damit es als solches bey seiner nur äußerst wenig veränderlichen Länge so viele Töne zu geben im Stande sey, muß es ein Mundstück besitzen, dessen elastische Blätter (die Zunge des Mundstückes vorstellend) von veränderlicher Länge sind. Wir finden in dem Kehlkopfe alle Theile und Bedingungen zu einem solchen Mundstücke. Wenn Einige das Stimmorgan für eine Verbindung eines Saiten-Instrumentes mit einem Blas-Instrumente halten, so haben sie in so fern Recht, als sie die Blas-Instrumente mit freyem Mundstücke auch dafür gelten lassen, und als sie den Unterschied zwischen schwingenden Membranen, zwischen Saiten und steifen elastischen Körpern ganz übersehen wollen. — Die gewöhnliche menschliche Stimme umfaßt höchstens drey, wenn man aber durch eine ungewöhnliche Höhe und Tiefe der Stimme ausgezeichnete Individuen mit in Rechnung bringt, beynahe fünf Octaven. Ein und dasselbe Individuum hat gewöhnlich nur 6 bis 7 Töne über Eine Octave, und nur seltene ausgezeichnete Subjecte haben, ohne in die Fistel zu verfallen, eben so viele Intervalle über zwey volle Octaven an reinen oder richtigen Tönen zu Gebothe. Männer haben einen größeren Umfang der Stimme als Weiber. Die tiefen Männerstimmen gehen von G bis $\bar{F}$, wenn C für den Grundton einer 8füßigen offenen Pfeife genommen wird; die höchsten Weiberstimmen von $\bar{d}$ bis $\bar{\bar{a}}$. Weiber und Kinder haben deßwegen höhere Stimmen, weil ihr Kehlkopf viel kleiner ist, ihre Kehlbänder daher kürzer seyn müssen, und weil die Stimmritze enger ist. Bey dem männlichen Geschlechte vergrößert sich um die Jahre der Pubertät der Kehlkopf sehr bedeutend, und die Kehlbänder verlängern sich beynahe ums Doppelte; daher das Mutiren der Stimme und die Unsicherheit des Tones wie bey dem Spielen auf einem ungewohnten Instrumente. — Die Stärke der Stimme hängt von der Stärke der Kehlbänder und des ganzen Kehlkopfes, dann vorzüglich von der Größe und Stärke der Respirations-Werkzeuge ab: ein freyer, großer Brustkasten, und mehrere andere, dem eigentlichen Stimmwerkzeuge benachbarte feste Theile des Körpers scheinen wie Resonanzböden zur Verstärkung der Stimme beyzutragen. — Durch die Zunge, die Zähne, die Lippen werden die verschiedenen Articulationen der Stimme, also die mannigfal-

tigen Laute der Sprache hervorgebracht, welche selbst den Säugethieren, derer Stimmorgan im Wesentlichen jenem der Menschen sehr ähnlich ist, wegen der unvollkommenen Organisation der genannten Theile des Mundes, und dann auch vorzüglich wegen des fehlenden Bedürfnisses versagt sind, und welche man bisher durch künstliche Maschinen nur unvollkommmen nachgeahmt hat (Kempelen's Mechanismus der menschlichen Sprache, nebst Beschreibung seiner sprechenden Maschine, Wien 1791. — E. F. F. Chladni, über die Hervorbringung der menschlichen Sprachlaute; in Gilb. A. 76, 187. *F. Savart, sur la voix humaine; in Ann. de chim. et physique* 30, 64). Einige Säugthiere, z. B. Katzen, bringen einzelne Laute gut hervor: das sogenannte Reden gewisser Vögel mit starken, fleischigen Zungen, z. B. der Papageyen, verdient kaum diesen Nahmen. — Die Annehmlichkeit der menschlichen Stimme hängt von dem gehörigen Verhältnisse aller dabey thätigen Organe, von ihrer Glätte, Biegsamkeit, Beweglichkeit, Schlüpfrigkeit u. dgl. ab; daher ist die Stimme in der Jugend am angenehmsten, und daher ist sie in verschiedenen Individuen so verschieden, daß man dadurch Menschen eben so gut als durch das Gesicht unterscheidet. Vorübergehende oder bleibende Fehler in den genannten Organen haben immer Fehler in der Stimme und im Sprechen von derselben Dauer zur Folge: daher die Veränderung der Stimme (selbst des Klanges des Hustens) in der Heiserkeit, in der Bräune, im Schnupfen. Das durch die Nase Reden, eine häufig chronische Verunstaltung der Stimme, entsteht, wenn die Luft nicht allein durch den Mund entweicht, sondern zum Theil auch durch die Nase, weil die hinteren Nasenhöhlenmündungen nicht so, wie sie es seyn sollten, verschlossen sind. Wenn die vordern Nasenlöcher verstopft, oder zusammengedrückt, z. B. durch eine Brille eingezwängt sind, erhält die Stimme wieder einen eigenthümlichen Mißklang. Das so genannte Bauchreden besteht in der Kunst, beym Einathmen Laute zu bilden, die Stimme zu articuliren, ohne die äußern Theile des Mundes, die wir beym gewöhnlichen Sprechen in Bewegung zu sehen gewohnt sind, zu bewegen, die Stimmen anderer Individuen nachzuahmen, und die Stimme so zu modificiren, daß sie von entfernten Orten und von verschiedenen Richtungen zu kommen scheint, oder jene Eigenheiten annimmt, die wir nur unter besonderen Verhältnissen wahrzunehmen gewohnt sind (Gilb. A. 38 und 55). — Außer den Menschen sind bloß die mit Lungen versehenen Thiere, also Säugthiere, Vögel und Amphibien einer Stimme fähig; denn das Geräusch, welches einige andere Thiere, wie z. B. unter den Insecten die Grillen, durch schnelles Bewegen der Flügel oder anderer Theile ihres Körpers hervorzubringen im Stande sind, kann eben so wenig eine Stimme genannt werden, als man das Schnalzen mit den Fin-

gern so nennet. Die Stimmorgane der Vögel, wovon einige Arten die mannigfaltigsten und lieblichsten Töne hervorzubringen im Stande sind, unterscheiden sich von jenen der Säugthiere dadurch, daß die Stimmritze nicht an dem obersten Ende der Luftröhre gegen den Mund zu, sondern ganz unten, gleich bey dem Austritte der Luftröhre aus den Lungen, sich befindet, daß ihre in der Regel viel längere Luftröhre einer größeren, willkührlichen Verlängerung und Verkürzung fähig ist, daß nebst der Stimmritze auch die obere Luftröhren-Mündung etwas erweitert und verenget werden kann, daß sie verschiedentlich gestaltet ist, z. B. walzenförmig bey den melodischen Sängern, gegen den Mund trichterförmig erweitert bey den Vögeln mit gellender Stimme, und mit verschiedenen Erweiterungen versehen bey noch anderen. — Eine ausführliche Beschreibung der Stimmorgane und ihrer Verrichtungen gehöret in das Gebieth der Anatomie und Physiologie. (Sömmerring vom Baue des menschlichen Körpers. V. Abtheilung. 2. Dessen Abbildung der menschlichen Geschmacks- und Sprachorgane. Frankfurt 1805. *Cuvier leçons d'Anatomie comparée. T. IV*).

426. Auf eine besondere Art wird in der ziemlich uneigentlich so genannten chemischen Harmonika, auf deren Erfindung de Luc zufällig geführt wurde, eine Luftsäule in tönende Schwingungen versetzet. Zinkspäne werden in einem Fläschchen mit verdünnter Schwefelsäure übergossen, und das Fläschchen wird mit einem Korke, durch welchen ein mehrere Zoll langer Stiel einer Cölner-Tabakspfeife reicht, verstopft. Das mit Aufbrausen sich entwickelnde Hydrogengas verdrängt nach und nach die in dem Fläschchen enthaltene atm. L., mit der es Anfangs Knallluft gebildet hatte. Nachdem dieses geschehen ist, entzündet man das aus dem Röhrchen strömende Hydrogengas, und steckt über das Flämmchen eine oben entweder offene oder geschlossene, zwischen 1 und 3 Zoll weite Glasröhre so tief, bis sich ein starker Ton vernehmen läßt, der nach Verschiedenheit der Länge der Röhre von verschiedener Höhe seyn wird. Die Luftschwingungen machen die Röhre, welche von Glas, Metall, Papier u. dgl. m. seyn kann, erzittern, und verlöschen endlich, wenn sie zu heftig werden, das unruhig und gleichsam zuckend brennende Flämmchen. — Das ausströmende Hydrogengas verbindet sich, indem es verbrennt, mit dem Sauerstoffe der Atm. und bildet damit Wasserdämpfe, die aber bald zu Wassertropfen verdichtet werden. Das verzehrte Sauerstoffgas hinterläßt also einen leeren Raum, in welchen sich die umgebenden Lufttheilchen stürzen, und dadurch

in jene Erzitterungen gerathen, welche zur Erzeugung von tönenden Luftschwingungen der übrigen in der Röhre enthaltenen Luft erfordert werden. Das ungleiche Verbrennen, theils wegen des ungleichen stoßweisen Ausströmens des Hydrogengas, theils wegen des ungleichen Zuflußes von Sauerstoffgas, dann der durch die Erwärmung in der Röhre hervorgebrachte Luftzug, mögen auf die Erscheinung auch Einfluß haben. Die chemische Harmonika ist gleichsam als der äußerst schnell wiederholte Knall einer Folge kleiner Explosionen anzusehen.

Kurz vor dem Verlöschen der Hydrogenflamme innerhalb des aus Draht gewebten Cylinders der Davy'schen Sicherheitslampe lassen sich auch die klagenden Töne der chemischen Harmonika hören. Das eigene Getöse in den Rauchfängen über gut ziehenden Oefen scheint mit der chemischen Harmonika etwas Aehnliches zu haben. Am bequemsten lassen sich die Erscheinungen der chemischen Harmonika bey unsern Gasbeleuchtungs-Anstalten zeigen, wenn man die Flamme so weit als möglich verkleinert und dann verschiedene Röhren darüber steckt. — Der Donner wird auch durch die Luft als selbstklingenden Körper hervorgebracht. Wenn die elektrische Materie die Luft mit ihrer bisher noch ungemessenen Geschwindigkeit durchfährt, treibt sie dieselbe vor sich her, und verdichtet sie; wenn die auf solche Weise schon sehr stark verdichtete Luft der Bewegung der elektr. Materie in ihrer bisherigen Richtung ein zu großes Hinderniß entgegengesetzet, zwingt sie dieselbe auszuweichen und eine andere Richtung anzunehmen: daher der zackige Weg des Blitzes. Nach diesem Ausweichen dehnt sich die comprimirte Luft-Portion schnell aus, setzet die benachbarten Schichten in schwingende Bewegung, und erzeugt dadurch den eigenthümlichen Schall des Donners. Unser gewöhnliches Feuer, die Flammen unserer Kerzen und Lampen sind eigentlich ein continuirliches, ruhiges Blitzen ohne Donner (336*); in der chemischen Harmonika ist das continuirliche Blitzen von einem verhälnißmäßigen Donner begleitet.

Von der Mittheilung oder Fortpflanzung des Schalles.

427. Den Schall mittheilen oder fortpflanzen heißt so viel, als durch einen schallenden Körper andere schallen machen. Da der Schall in schwingenden Bewegungen besteht, so kann die Fortpflanzung desselben nur durch die Mittheilung dieser Bewegungen geschehen, und sie läßt sich daher auf die Mittheilung der Bewegung überhaupt reduciren. Da nur elastische Körper solcher schwingenden

Bewegungen, wie sie zur Hervorbringung des Schalles erfordert werden, fähig sind; so kann der Schall nur durch elastische Körper fortgepflanzt werden, und zwar um so vollkommener, je elastischer sie sind. So wie es unter den Ponderabilien keinen vollkommen elastischen Körper gibt, eben so wenig findet man unter denselben einen, der gar keine Elasticität besäße, zur Fortpflanzung des Schalles also gar nicht tauglich, oder nach einem alten Ausdruck, ein stummer Körper im strengsten Sinne wäre. Alle Körper sind also Schallleiter, nur bessere oder schlechtere, d. h. durch alle Körper wird der Schall fortgepflanzt, nur mit verschiedener Stärke oder auf verschiedene Entfernungen und mit verschiedener Geschwindigkeit. — Vorzüglich unterscheiden sich die Körper in Hinsicht der Art und des Grades ihrer Elasticität, und folglich auch in Hinsicht ihres Schallleitungs-Vermögens nach ihrem Aggregat-Zustande: die Fortpflanzung des Schalles muß also durch luftförmige, durch tropfbare und durch staare Körper betrachtet, und mit demjenigen Körper, durch welchen beynahe aller Schall bis zu unserem Gehörorgane fortgepflanzet wird, nähmlich mit der atm. Luft, als Schallleiter, begonnen werden.

Aus dem bisher Gesagten erhellet, daß der Schall kein Wesen eigener Art wie das Licht, die Wärme u. dgl. ist, daß er folglich auch nicht durch einen Raum, in welcher sich keine zur Aufnahme der Schallbewegungen fähige Substanzen befinden, in keinem Falle also durch den leeren Raum fortgepflanzt werden kann. Dieser Satz läßt sich, da das Gehörorgan und der schallende Körper unter den gewöhnlichen Umständen sich in einem sehr guten Schallleiter, nähmlich in der atm. Luft eingetaucht befinden, nur durch einen Versuch beweisen. Man bringe in einem auf dem Teller der Luftpumpe stehenden Recipienten ein Schlagwerk auf eine weiche Unterlage, z. B. auf ein Büschchen Baumwolle, oder hänge es darin an einem ungedrehten Faden auf, und mache den Recipienten luftleer: so wird man wohl die Bewegung des auf die Glocke schagenden Hammers sehen, aber man wird den Schall nicht hören, weil die Reihe der Schallleiter von dem schallenden Körper bis zum Ohre durch den im Recipienten hervorgebrachten leeren Raum unterbrochen ist. Wenn man das Schlagwerk in einen kleinen Recipienten bringt, über diesen einen größeren stürzt, und die Luft nur aus dem größeren, also eigentlich aus dem Zwischenraume zwischen dem großen und kleinen Recipienten auspumpt, so wird man den Schall des Schlagwerkes gleichfalls nicht hören, indem er sich bloß bis an die Wände des kleinen Recipienten fortpflanzt,

und von hier an seiner weiteren Verbreitung durch den zwischen beyden Recipienten befindlichen leeren Raum Gränzen gesetzt sind. So wie man bey einem oder dem anderen Experimente in den luftleeren Recipienten wieder Luft einströmen läßt, wird man auch anfangen den Schall zu vernehmen, und zwar um so stärker, je mehr Luft sich in dem Recipienten ansammelt, oder eine je größere Dichtigkeit sie darin erlangt.

428. In der atmosphärischen Luft scheint sich der Schall auf dieselbe Weise fortzupflanzen, wie er in den Blas-Instrumenten entstehet: nähmlich durch abwechselnde Verdichtungen und Verdünnungen, die man aber hier nicht Längenschwingungen heißen kann, weil sie sich von dem schallenden Körper in allen Richtungen verbreiten, also um denselben Kreise bilden, den Wellen ähnlich, welche auf einer Wasserfläche um den Punct entstehen, wo ein hinein geworfener Stein sie durchschnitt. Diese dem schallenden Körper von allen Seiten umschließenden Kreise (oder vielmehr Hohlkugeln) abwechselnd verdichteter und verdünnter Luft heißt man daher auch Schallwellen, und die geraden Linien, die man sich von dem schallenden Körper divergirend an einen dieser Kreise ausgehend denket, Schallstrahlen. — Weil die von dem schallenden Körper der unmittelbar berührenden Luftschichte mitgetheilte Bewegung immer auf eine größere Hohlkugelfläche, also auf eine größere Luftmasse vertheilt wird, je weiter sich der Schall von dem schallenden Körper verbreitet: so muß die Intensität des Schalles, eben so wie jene des Lichtes, abnehmen, wie die Quadrate der Entfernungen zunehmen, und der Schall also in der doppelten Entfernung 4 Mahl, in der dreyfachen 9 Mahl, in der zehnfachen 100 Mahl so schwach werden. Aus dieser Ursache muß es für jeden Schall eine seiner Stärke angemessene Entfernung geben, in welcher die Bewegung der Schallwellen für unser Gehörorgan nicht mehr wahrnehmbar wird. Je dichter die den schallenden Körper umgebende Luft ist, mit desto mehr Masse wirkt sie auf die entfernteren Luftschichten, desto stärker wird folglich der Schall seyn, und desto weiter wird er sich wahrnehmbar verbreiten.

Der letzte Satz wird nicht allein durch das oben beschriebene Experiment mit dem Schlagwerke in dem Recipienten auf dem Teller der Luftpumpe, sondern auch durch mehrere Erfahrungen bestätiget. In großen Höhen über der Meeresfläche, z. B. auf hohen Bergspitzen, in jenen Höhen, welche man mittelst der Luftbälle erreicht, nimmt der

Knall der Schießgewehre ausnehmend ab; unter der Taucherglocke dagegen, wo sich die Luft beträchtlich verdichtet befindet, so wie in dem Windgewölbe großer Gebläse, soll ein gewöhnlicher Schall durch seine Stärke dem Gehöre lästig werden. Daher pflanzt sich derselbe Schall in kalter Luft weiter als in warmer fort. Auf Parry's dritter Nordpol-Expedition konnte Forster zu Port Bowen sich mit einem 1070 W. Klft. entfernten Menschen unterreden, und beym Ueberwintern im Winter-Harbour wurden die Worte zweyer neben einander stehender sich besprechender Personen auf die Entfernung einer engl. Meile deutlich gehört. — Weil die Luft nach allen Richtungen gleich elastisch ist, so pflanzt sich der Schall nicht bloß in geraden Linien, wie das Licht, sondern auch in jeder andern beliebigen Richtung fort: jeder Punct eines Schallstrahls kann nähmlich als ein neuer schallender Punct betrachtet werden, von welchem sich der Schall, wiewohl mit sehr verminderter Intensität, wieder nach allen Richtungen verbreitet. Darum hört man den Schall, wenn auch ein dazwischen liegender Berg uns von dem schallenden Körper trennet. — Wie sich Klänge von der verschiedensten Art, und Töne von den mannigfaltigsten Höhen durch dasselbe Mittel, es sey nun Luft oder ein tropfbarer, oder ein starrer Körper, so zu verbreiten im Stande sind, daß jeder Ton und jeder einzelne Klang noch unterschieden werden kann, wie z. B. in einer wohlbesetzten Harmonie-Musik; warum nicht die Schallwellen zusammenlaufen und einen aus allen zusammengesetzen Gesammteindruck hervorbringen, bleibt immer eine, selbst aus dem Satze, daß in demselben elastischen Körper die verschiedenartigsten Bewegungen gleichzeitig bestehen können, schwer faßlich zu machende Erscheinung.

429. Die Stärke des Schalles in gleichen Entfernungen hängt ab: 1) Von der Größe, d. h. von dem Volumen des schallenden Körpers; denn je größer dieser ist, desto beträchlichere Portionen Luft setzet er durch seine Schwingungen in Bewegung: eine große Glocke schallet bey gleichem Gewichte stärker als eine kleine. 2) Von seiner Masse; eine große Masse überwindet den Widerstand, den die ungebenden, in Mitschwingungen zu versetzenden Luftschichten entgegenstellen, leichter. Aus diesen zwey Ursachen ist die Schallverstärkung durch Resonanzböden zu erklären. 3) Von der Größe der Excursionen, welche der schallende Körper bey seinen Schwingungen macht; daher kann man durch starkes Streichen oder Reißen an einer Saite, durch heftiges Schlagen an einer Trommel oder Glocke den Schall verstärken. 4) Von der Geschwindigkeit der Schwingungen; daher höret man, unter übrigens gleichen Umständen, hohe Töne weiter als tiefe; daher rufen wir in große Entfernungen

meistens mit erhöhter Stimme; daher wechseln durch ein ziemlich breites Thal getrennte Alpensänger in ihren schallenden Melodien. 5) Von der Dichtigkeit der umgebenden Luft, aus der oben schon angeführten Ursache: daher schallet ein Schlagwerk in Wasserstoffgas schwächer als in 10 Mahl verdünnter atm. L. 6) Von der Gleichförmigkeit des Mittels, durch welches die Fortpflanzung geschieht; gleich dem Lichte verliert der Schall um so mehr von seiner Intensität, je öfter er aus einem Mittel in ein anderes, oder in demselben Mittel aus einer Schichte in eine andere von verschiedener Dichtigkeit übergehen muß. In einem Gemenge von Wasserstoffgas und atm. L. ist, nach Leslie, der Schall des genannten Schlagwerkes kaum hörbar; wahrscheinlich weil beym Uebergange von einem Theilchen der einen Gasart in ein Theilchen der anderen jedes Mahl etwas von der vibrirenden Bewegung verloren gehet. 7) Von der Beschaffenheit der benachbarten starren Körper, die zu Mitschwingungen mehr oder weniger geneigt seyn, und in eben demselben Verhältnisse zur Verstärkung des Schalles beytragen können: aus dieser Ursache scheinen die Kanonenschüsse auf der offenen See so äußerst schwach zu knallen. 8) Von der Richtung, in welcher die Schwingungen des schallenden Körpers geschehen; indem nach dieser Richtung der Schall sich mit mehr Stärke verbreitet: daher vernimmt man einen Redenden besser, wenn man vor ihm als wenn man hinter ihm stehet; dadurch kann man im Rücken einer Armee die Schüsse unterscheiden, welche während einer Schlacht von einer oder von der andern Seite fallen. 9) Von der Bewegung der ganzen Luftmasse, in welcher der Schall sich fortpflanzt: man höret den Schall in der Richtung des Windes besser als in der entgegengesetzten; daher höret man nach Beschaffenheit des Windes das Läuten der Glocken in einem benachbarten Orte an manchem Tage, und an einem andern wieder nicht; ist der Wind sehr stark, so hindert er durch das in den Ohren erregte Sausen die Wahrnehmung eines andern nicht sehr starken Schalles. 10) Endlich hat auch die Begränzung der Luft, in welcher der Schall erregt wird, einen großen Einfluß auf die Stärke, mit der er sich nach gewissen Richtungen verbreitet. Ist die Luft nähmlich nicht nach allen Richtungen frey, sondern ist sie in eine Röhre eingeschlossen, so verbreitet sich der Schall nicht kreisförmig nach allen Richtungen, sondern er verbreitet sich bloß in der Richtung der in der Röhre eingeschlossenen Luftstrecke, und der Grund seiner Abnahme im quadratischen Verhältnisse seiner Entfernungen fällt dadurch weg.

Das Letztere fand Biot bey seinen Versuchen in einer Wasserleitung von Paris bestätiget: die Worte, welche an dem einen Ende noch so leise in die 951 Meters (= 2928 Pariser oder 3010 Wiener Fuß) lange Röhrenreihe gesprochen wurden, vernahm der Beobachter am andern Ende deutlich, wenn er sein Ohr der Röhrenmündung näherte, da doch eine gewöhnliche laute menschliche Stimme in freyer Luft nur auf 70 Fuß deutlich vernehmbar ist. Auch Kircher bemerkte schon die fast ungeschwächte Fortleitung des Schalles auf eine Strecke von 600 P. Fuß in einer alten römischen Wasserleitung. Cylindrische, überall gleich weite Röhren, welche man zur ungeschwächten Fortleitung der menschlichen Stimme auf eine der Länge dieser Röhre gleiche Entfernung anwendet, heißt man Communications-Röhren. Die ungeschwächte Fortpflanzung des Schalles ist auf die Länge der Röhre beschränkt, weil beym Austritte aus derselben die Schallstrahlen, wie es die Fig. 193 zeigt, sogleich zu divergiren anfangen, die Stärke des Schalles hier also im quadratischen Verhältnisse der Entfernungen abnimmt, und für größere Entfernungen also nur am Ausgangsende der Röhre erregt worden zu seyn scheint. — So wie die Durchsichtigkeit der Atm. öfters durch unbekannte Ursachen verändert wird (§. 347): so wird auch ihr schallleitendes Vermögen manchmahl durch unbekannte Veränderungen gesteigert oder geschwächt. Trockenheit und Feuchtigkeit der Luft haben auf dieses Vermögen keinen merklichen Einfluß. Wir hören an manchem Tage das Läuten der Glocken oder das Schlagen der Thurmuhren aus einer Entfernung, aus der wir es gewöhnlich nicht hören, ohne daß wir die Schallverstärkung einer der oben angeführten Ursachen, oder auch einer wahrnehmbaren meteorologischen Veränderung zuschreiben können, obschon man sie fast allgemein für ein Zeichen bevorstehender Witterungsveränderungen hält. Hierher gehöret auch die Verstärkung des Schalles bey der Nacht, die auch in jenen Einöden zwischen den Wendekreisen wahrgenommen wird, wo die Tage ruhiger als die Nächte sind. Nach Humboldt wird der Schall bey Tage in seiner Fortpflanzung geschwächt, weil er sich durch Luftschichten von verschiedener Dichtigkeit verbreiten muß, und bey dem Uebergange aus einer solchen Schichte in die andere jedes Mahl, so wie das Licht, durch Reflexion etwas verlieret. Diese Schichten von verschiedener Dichtigkeit entstehen in der Atm., weil durch die Sonnenstrahlen der Boden nach seiner verschiedenen Beschaffenheit (§. 350) ungleich erwärmt wird, von den mehr erwärmten Stellen aber heißere, also mehr ausgedehnte Luftschichten in die Höhe steigen, und die übrige Luft einige Zeit in verschiedenen Richtungen durchziehen, bis sie sich damit gleichförmig vermengen oder in Hinsicht ihrer T. ins Gleichgewicht setzen. Bey der Nacht hört diese Ursache zu wirken auf, die Luft ist in Hin-

sicht ihrer Dichtigkeit mehr gleichartig, und der Schall verlieret folglich bey seiner Fortpflanzung weniger. — Arnolt hörte 100 Seemeilen (= 24 österreichische Meilen) von der brasilischen Küste entfernt, Glockenklang. Die lautesten Explosionen des Vulkans auf St. Vincent werden in dem 75 österreichische Meilen entfernten Demerary deutlich gehört: dieses ist die weiteste, bis jetzt bekannte Entfernung, auf welche sich der Schall verbreitet. Die Explosionen der südamerikanischen Vulkane sollen nach Humboldt's Zeugnisse auf eine nicht viel geringere Entfernung gehöret werden. Ein Flintenschuß soll nach Derham nur auf 8000 Schritte hörbar seyn. Nach Prätorius höret man bey einer windstillen, geräuschlosen Nacht das Marschiren einer Compagnie auf festem Boden außerm Schritt auf 1400 Fuß, im Schritt auf 2000 Fuß; einer Escadron Cavallerie im Schritt auf 1800 Fuß, im Trab oder Galopp auf 2600 Fuß; das Fahren des Geschützes im Schritt auf 1600 F., im Trab auf 2400 F. Die Articulationen einer starken Mannsstimme sollen, nach Lambert, in freyer Luft ohne Künsteley höchstens auf 800 F. vernehmbar seyn.

430. In Hinsicht auf die Geschwindigkeit verbreitet sich der Schall gleichförmig, d. h. er legt während der ganzen Dauer seiner Fortpflanzung in gleichen Zeittheilen gleiche Räume zurück, oder er bewegt sich am Ende mit derselben Geschwindigkeit als im Anfange, wenn das Mittel seiner Verbreitung unverändert dasselbe bleibt: wenn also der Schall, um einen Weg von 1047 Fuß zurück zu legen, 1 Secunde braucht, so wird er für eine Strecke von 10470 Fuß 10 Secunden nöthig haben. — Die Geschwindigkeit, mit der sich der Schall nicht allein durch die Luft, sondern auch durch jedes andere starre oder tropfbare Mittel verbreitet, hängt bloß von der Elasticität derselben ab. Die Elasticität ist aber in Beziehung auf die Schallverbreitung um so größer, je mehr sich das Mittel von der Natur weicher Körper entfernt und jener absolut harter Körper nähert, je größer also die äußere Kraft seyn muß, welche darin eine bemerkbare Volums- oder Gestaltveränderung hervorbringen soll, mit je mehr Energie es, nachdem die äußere Kraft zu wirken aufhört, sein voriges Volumen so wie seine vorige Gestalt wieder anzunehmen strebt, und je vollkommener es diese wieder annimmt. Die Geschwindigkeit wird folglich in luftförmigen Substanzen am geringsten, größer in tropfbaren, und am größten in harten Körpern seyn. Nach den bisherigen, genauesten Versuchen bewegt sich in eiskalter, mittelfeuchter, ruhiger atm. Luft der Schall in Einer Secunde durch 1046,8 W. Fuß = 1018,6 P. F.

Die Stärke des Schalles, die Art des Klanges, die Höhe und Tiefe des Tones, der Barometer- und Hygrometerstand haben auf die Geschwindigkeit des Schalles keinen Einfluß: er verbreitet sich bey dichtem Nebel, bey Regenwetter eben so schnell als bey der heitersten Witterung; bey Tage eben so schnell als bey der Nacht. Der Wind, welcher in der Richtung vom schallenden Körper zum Ohre oder dieser entgegen bläst, beschleunigt oder verzögert denselben höchstens um so viel, als seine eigene Geschwindigkeit beträgt: der von der Seite senkrecht auf diese Richtung strömende Wind hat gar keinen Einfluß auf die Geschwindigkeit des Schalles. Auch die Richtung, in welcher der Schall hervorgebracht wird, verändert seine Geschwindigkeit nicht: man hört den Knall von Kanonen gleich schnell, man mag sich in gleicher Entfernung vor oder hinter denselben befinden. Alle jene Umstände aber, welche die Elasticität der Luft verändern, ohne ihre Dichtigkeit im gleichen Verhältnisse zu steigern oder zu vermindern, noch mehr aber jene, welche die Elasticität und die Dichtigkeit der Luft im umgekehrten Verhältnisse verändern, machen die Verbreitung des Schalles in der atm. L. schneller oder langsamer. Unter diese Umstände gehöret ein verändertes Mischungsverhältniß der Bestandtheile der Atm., vorzüglich aber Temperaturs-Verschiedenheiten. In warmer Luft muß sich der Schall schneller fortpflanzen als in kalter, also im Sommer schneller wie im Winter. Nach der von Benzenberg hierüber gelieferten Tabelle (Gilb. A. 42, 9) beträgt die Beschleunigung, welche der Schall durch Erhöhung der T. der atm. L. erhält, für jeden R. Grad im Durchschnitte 2,4 Fuß in der Secunde.

Die französischen Akademiker Cassini de Thury, Maraldi und La Caille stellten schon im März des Jahres 1738 Versuche über die Geschwindigkeit des Schalles an, indem sie auf zwey Standpuncten, welche 9549 Toisen von einander entfernt waren, Kanonen abfeuerten, und die Secunden zählten, welche von dem beobachteten Aufblitzen des Zündkrautes an dem einen Standpuncte bis zur Ankunft des Knalles auf dem andern Standpuncte verstrichen. Sie fanden die Geschwindigkeit des Schalles in Einer Secunde 1038 P. F. Diese Versuche können aber nicht für ganz genau gelten, weil auf den Einfluß des Windes und auf die T. der Atm. keine Rücksicht genommen wurde. Läßt man die mittlere T. des Märzmonaths = 5,8. für die während der Versuche herrschende gelten, und reducirt man

die in diesen Versuchen gefundene Schallgeschwindigkeit auf eiskalte Luft, so findet man dafür den Werth von 1026 P. Fuß. Damit stimmt das Resultat der von Benzenberg (Gilb. A. 42, 1) im Spätherbste des Jahres 1809 angestellten Versuche überein. Nach den vom Längenbureau angeordneten, von Prony, Bouvard, Mathieu, Arago, Humboldt, und Gay-Lussac ausgeführten Versuchen, wobey man durch gleichzeitiges Abfeuern der Kanonen auf den zwey Stationen den Einfluß des Windes auf das mittlere Resultat auszugleichen suchte, ist die Geschwindigkeit des Schalles bey $+8^0$ R. = 1038,06 P. F., also bey 0^0 R. 1018,6 P. F. = 1046,8 W. F. Die holländischen Naturforscher Moll und Van Beek wußten auch gegen die Genauigkeit dieser Versuche noch Einwendungen zu machen, und berechneten nach eigenen im Jahre 1823 angestellten Versuchen die Geschwindigkeit des Schalles in eiskalter, trockner atm. Luft auf 1021,7 P. F. (Gilb. A. 81, 351 und 469). Nach den Versuchen, welche Hr. Prof. Stampfer und Hr. Major v. Myrbach im Jahre 1822 über die Schallgeschwindigkeit in der 30601 P. F. dicken Luftschichte zwischen dem Mönchsteine und Untersberge im Salzburg'schen machten, wovon der letztere 4198 P. F. höher als der erstere ist, legte der Schall in eiskalter atm. L. während Einer Secunde einen Weg von 1025,9 P. F. zurück, und zwar ohne Unterschied von einer niederen Station zu eine höhere, oder umgekehrt (Jahrbücher des polyt. J. 7, 23). Capit. Parry fand während seiner Ueberwinterung zu Port Bowen am 2. März 1825 bey — $31{,}5^0$ R. die Geschwindigkeit des Schalles 1014,39 engl. F. in Einer Secunde. — Diese bekannte Geschwindigkeit des Schalles kann man zur Bestimmung von Entfernungen benutzen, die sich auf andere Weise entweder gar nicht oder nur sehr schwierig messen lassen. — Chladni bestimmt die Geschwindigkeit des Schalles nach der Voraussetzung, daß die Verbreitung des Schalles in der atmosphärischen Luft genau so, wie seine Erzeugung in Blas-Instrumenten geschehe, auf folgende Art. In einer offenen Pfeife von 32 Fuß Länge geschehen in 1 Secunde 32 Schwingungen, während welcher die eingeschlossene Luft sich Ein Mahl von dem Schwingungsknoten in der Mitte der Pfeife zur Mündung und von da wieder zurückbewegt, folglich eigentlich doch einen der ganzen Länge der Pfeife gleichen Weg zurücklegt (§. 423). Eine Pfeife, welche in 1 Secunde nur Eine Schwingung machen sollte, müßte $32 \times 32 = 1024$ Fuß lang seyn, und die Luft würde sich in ihr während Einer Secunde durch einen Raum von 1024 Fuß bewegen: ein Resultat, welches mit dem obigen zum Verwundern übereinstimmt. Richard van Rees zu Utrecht (vor ihm schon Benzenberg in Gilb. A. 42, 12) hat in seiner Inaugural-Dissertation, nach Chladni's Methode, nähmlich nach der Höhe des darin anklingenden Tones, folgende Geschwindigkeiten des Schalles in den verschiedenen eiskalten Gasen in Metern bestimmt:

In:	Metres:	In:	Metres:
Atmosphärischer Luft . .	333,7	Oehlbildendem Gas .	217,8
Sauerstoffgas	316,6	Schwefelwasserstoffgas .	318,7
Stickgas	338,1	Schwefliger Säure .	229,2
Wasserstoffgas . . .	914,2	Salzsaurem Gas . .	309,3
Kohlensäure	275,3	Ammoniakgas . . .	589,4
Kohlenorydgas . . .	316,9	Wasserdampf . . .	369,6
Orydirtem Stickgas . .	281,4	Alkoholdampf . . .	289,1
Salpetergas	309,8		

Schon Newton suchte die Geschwindigkeit des Schalles in der atm. L. aus mechanischen Principien zu bestimmen. Die von ihm mit außerordentlichem Scharfsinne entwickelte Formel ist dann von La Place auch auf die Geschwindigkeit des Schalles in tropfbaren und starren Mitteln ausgedehnt und ergänzt worden. Nach Newton bewegt sich der Schall in der atm. Luft mit derselben Geschwindigkeit, welche ein Körper durch den freyen Fall aus der Hälfte jener Höhe erlangt, bis auf welche sich die Atm. erstrecken würde, wenn sie überall dieselbe Dichte, wie an dem Orte der Schallverbreitung, also gewöhnlich an der Oberfläche der Erde, hätte; oder die Geschwindigkeit des Schalles ist gleich jener Geschwindigkeit, mit welcher ohne Elasticität (gleich Wasser) gedachte Luft in den leeren Raum am Boden eines Gefäßes ausströmen würde, welches von der Erdoberfläche bis zur halben Höhe der gleichdichten Atm. mit jener Luft voll erhalten würde. Nach La Place bestimmt man durch Versuche, um wie viel luftförmige und tropfbare Körper durch ein dem ihrigen gleiches Gewicht ihren Raum-Inhalt vermindern, und um wie viel starre Körper durch ein ihrem eigenen gleiches Gewicht sich der Länge nach ausdehnen lassen; mit dieser Größe dividiret man die Geschwindigkeit, welche ein frey fallender Körper in der ersten Secunde erhält, also den doppelten Fallraum in der ersten Secunde: so gibt die Quadrat-Wurzel dieses Quotienten die Geschwindigkeit der Schallfortpflanzung in dem untersuchten Körper. Nach dieser Theorie ist die Geschwindigkeit des Schalles in der atm. Luft = 858,6 P. F. in Einer Secunde, also beynahe um 1/6 geringer als durch die oben angeführten Versuche (1018) gefunden worden. Um diese Differenz zu erklären, nimmt La Place an, durch die Verdichtungen, welche die Luft bey der Fortpflanzung des Schalles erleidet, entbinde sich Wärme, und durch diese werde die Elasticität der Luft, folglich auch die Geschwindigkeit des Schalles, gesteigert. Die Wärme, welche einige Menschen bey dem schnellen Vorüberziehen oder Platzen einer Meteor-Masse, so wie bey der bekannten Pulver-Explosion in Leyden (selbst in großer Entfernung, z. B. in der Gegend von Amsterdam) im Gesichte empfunden haben wollen, hält Chladni für eine Be-

stätigung dieser La Place'schen Erklärung. Mit der dieses Umstandes wegen nothwendigen Correction berechnet La Place, die Geschwindigkeit des Schalles in atm. Luft bey einer T. von + 16° C. auf 1040, also für eiskalte Luft, auf 1009 P. F. (*Poisson sur la vitesse du son; in Ann. de chim. et phys.* 23, 1).

431. Wenn die Schallwellen in ihrer Verbreitung auf ein Hinderniß stossen, so ist der Erfolg zweyerley, je nachdem die hindernde Fläche entweder selbst hörbarer Schwingungen fähig ist, und die Schallwellen stark genug sind, dieselbe in diese Schwingungen zu versetzen, oder nicht. Im ersten Falle wird die Fläche zum Mitschwingen gebracht, und dadurch der ursprüngliche Schall ausnehmend verstärkt, wie bereits mehrmahls erwähnt worden ist. Man nennet das entweder unmittelbar oder durch die Luftwellen, oder auch durch andere Schallleiter bewirkte Mitschwingen anderer meistens starrer Körper und die dadurch erlangte Verstärkung des Schalles die Resonanz. Vorzüglich leicht sind solche Körper in hörbares Mitschwingen zu versetzen, welche durch ihre Ganz- oder Theilschwingungen denselben, oder einen der harmonischen Töne des ursprünglichen Tones zu geben vermögen (§. 412). Zur Resonanz gehöret auch, daß der Urschall und die durch das Mitschwingen bewirkte Verstärkung desselben zu gleicher oder in so kurzer Zeit auf einander ins Ohr gelangen, daß sie von einander nicht unterschieden werden. Querschwingungen können Längenschwingungen, und diese jene hervorrufen. Um einen sehr schwachen Schall in der Nähe vernehmbar zu machen, müssen wir ihn durch die Resonanz verstärken. Wird z. B. eine Stimmgabel angeschlagen und frey in der Hand gehalten, so ist der Ton kaum hörbar; wird die angeschlagene Stimmgabel aber mit dem Hefte gegen den Resonanzboden eines Claviers gestemmt, so wird der Ton sehr deutlich vernehmbar: man könnte solche Vorrichtungen vielleicht Mikrophore (§. 434) heißen. Die Verstärkung, welche der in Luft verbreitete Schall durch das Miterzittern starrer Körper, welche die Luft selbst erst in Bewegung gesetzt hat, erhält, zeigt Aehnlichkeit mit der Verstärkung der Licht-Intensität einer Gasflamme durch das Hineinhalten eines starren Körpers, z. B. eines Platindrahtes (§. 339), welcher doch erst durch die Gasflamme leuchtend gemacht worden ist. — Wenn die Schallwellen in ihrer Verbreitung auf ein starres Hinderniß stossen, welches sich nicht in Mitschwingungen versetzen läßt, so ge-

schieht dasselbe, was wir in diesem Falle an Wasserwellen geschehen sehen: die Schallwellen, welche in der ursprünglichen Richtung den Weg nicht weiter fortsetzen können, verbreiten sich in einer andern Richtung, indem sie, den beym Stoße elastischer Körper auf unbewegliche Flächen Statt findenden Gesetzen gehorchend, von der unbeweglichen Fläche unter demselben Winkel zurückkehren, unter welchem sie dieselbe getroffen hatten. Man nennet daher diese Phänomene auch die Zurückwerfung des Schalles, obschon eigentlich nur die letzte, das Hinderniß unmittelbar berührende Luftschichte zurückgeworfen wird, oder eigentlich nach ihrer Verdichtung statt nach vorwärts, bloß nach rückwärts sich ausdehnet, und nun die Fortpflanzung des Schalles in dieser Richtung veranlasset. So sehr sich daher auch die Zurückwerfung des Schalles von jener des Lichtstoffes unterscheidet, so sind doch die Erfolge von beyden sehr ähnlich. Von ebenen Flächen kehret der Schall so zurück, wie von ebenen Spiegeln das Licht, indem der zurückgeworfene Schall seiner Stärke nach eben so weit hinter der zurückwerfenden Fläche erregt worden zu seyn scheint, als er vor derselben erregt worden ist. Wenn die zurückwerfende Fläche elliptisch gekrümmt, und der schallende Körper in einem der Brennpuncte ist, so sammeln sich die Schallstrahlen in dem andern Brennpuncte: wenn also ein Saal auf diese Art gebauet ist, so wird man in dem einen Brennpuncte Alles deutlich hören, was in dem andern noch so leise gesprochen wird, während die Beobachter in einiger Entfernung von den Brennpuncten nichts davon vernehmen werden. Will jemand deutlich hören, was in einem größeren Raume leise gesprochen wird; so muß dieser Raum eine Parabel vorstellen, und der Beobachter sich in dem Brennpuncte derselben befinden: darauf beruhet die Einrichtung der Sprachgewölbe, Flüster-Gallerien u. dgl. Auf die Gesetze der Schallzurückwerfung muß bey dem Baue von Schauspielhäusern, Musiksälen, von Versammlungsörtern, worin Reden gehalten werden u. dgl. Rücksicht genommen werden. Daher dürfen Säle, in denen sich der Schall von allen Puncten nach allen Puncten gleichförmig verbreiten soll, nur wenig, oder besser gar nicht, gewölbt seyn.

Eine Fläche braucht, um den Schall zurück zu werfen, nicht einmahl glatt zu seyn: jedes Hinderniß, gegen welches sich die Luft bey der Verbreitung der Schallwellen stemmt, ist dazu geeignet, z. B.

Felsen, Berge, Wälder u. dgl. m. In langen Höhlwegen, in langen Gängen wird der Schall zurück geworfen, ohne daß man einen zurückwerfenden Gegenstand bemerkt. Das so genannte Ohr des Dyonisius oder die Grotta della Favella in den Steinbrüchen bey Syrakus ist eine parabolisch gewölbte Höhle, welche Dyonisius, der sich oben im Brennpuncte der Parabel verborgen aufhielt, dazu benutzt haben soll, um die leisesten Gespräche der unten befindlichen Gefangenen zu hören (Schweigg. J. 35, 226). Jedermann wird Gebäude kennen, wo man den an gewissen Stellen erregten Schall nur an andern bestimmten Standorten deutlich höret. — Aus dem Gesagten ist es klar, warum man in einem Zimmer oder Saale mit bey weitem geringerer Anstrengung zu einer großen Versammlung vernehmlich sprechen kann, als im Freyen; warum in manchen Kirchen, Sälen u. dgl. der Redner hauptsächlich gegen einen gewissen Gegenstand, z. B. gegen einen Pfeiler, seine Laute richten muß u. dgl. m.

432. Auf diese Gesetze der Zurückwerfung des Schalles gründet sich die Einrichtung der Hör- und Sprachröhre. Ein Hörrohr ist eine Vorrichtung, welche den Zweck hat, den ankommenden Schall verstärkt ins Ohr zu leiten. Nach der Theorie sollte man diesen Zweck durch eine Röhre erreichen, deren Höhlung eine nach Außen sich erweiternde Parabel darstellet, welche am Brennpuncte der Parabel abgeschnitten und hier mit einem engern, beym Gebrauche ins Ohr zu steckenden Röhrchen versehen ist. Die Parabel concentrirt alle auffallende Schallstrahlen im Brennpuncte, von wo aus sie durch das enge Röhrchen ins Ohr geleitet werden. Die Hörröhren, welche der Erfahrung nach harthörigen Personen die besten Dienste leisten, sind, gleichsam das äußere Ohr von Menschen oder Thieren nachahmend, verschiedenartig gekrümmt, ohne daß sich die größere Wirksamkeit des einen oder des andern aus der Theorie nachweisen läßt. Das Sprachrohr (von Samuel Morland 1670 erfunden) hat den Zweck, einen Schall nach einer gewissen Richtung auf große Entfernungen fortzuleiten. Es ist eine kegelförmige, und unter einem solchen Winkel sich erweiternde Röhre, daß die von den Wänden zurückgeworfenen Schallstrahlen nach der letzten Zurückwerfung parallel aus dem Rohre fahren, wie es die Fig. 194 zeiget, und also den Schall nach dieser Richtung, aus dem §. 429 angeführten Grunde, mit bedeutend verminderter Abnahme seiner Intensität hintragen. Ein parabolisches oder elliptisches Rohr thut

weniger Wirkung; wie auch alle jene, bey vielen unserer Blas-Instrumente, z. B. bey der Trompete u. dgl. m., sehr gewöhnliche Figuren, die bey der Erweiterung ihre Convexität der Achse zukehren; indem diese den Schall zu sehr zerstreuen. Auf die Materie, aus welcher das Sprachrohr verfertigt ist, auf die Glätte und Rauhheit der inneren Oberfläche kommt nichts an: man kann aus Pappe eben so gute Sprachröhre als aus Silberbleche verfertigen. Im Falle der Noth krümmet man die beyden hohlen Hände zu einer Art von kurzem Sprachrohre. Eine starke menschliche Stimme läßt sich, nach Muncke's Versuchen, durch ein gutes Sprachrohr 18000 Fuß weit vernehmlich machen.

433. Ist die zurückwerfende Fläche von dem Orte, wo der Urschall erregt wird, nur sehr wenig, z. B. einige Fuß, entfernt, so fällt der zurückgeworfene Schall bey der großen Geschwindigkeit seiner Verbreitung mit dem Urschalle dergestalt zusammen, daß der letzte verstärkt, der erste aber gar nicht wahrgenommen wird: auch die durch solche Zurückwerfung bewirkte Verstärkung des Schalles begreift man unter dem Nahmen Resonanz. Ist die zurückwerfende Fläche etwas weiter entfernt: so wird der Urschall durch den zurückgeworfenen Schall nicht allein verstärkt, sondern seine Dauer auch etwas verlängert, ohne daß man jedoch zwischen beyden einen schalllosen Zeitraum wahrnimmt: man nennet dieses Phänomen, welches häufig auch durch das Mitklingen etwas weit entfernter starrer Körper hervorgebracht wird, den Nachhall. Ist die zurückwerfende Fläche über 65 Fuß entfernt, und so gestellt, daß der zurückgeworfene Schall an den Ort seines Ursprunges zurückkehrt; so nehmen wir einen kurzen zurückgeworfenen Schall von dem Urschalle abgesondert wahr, und dieses nennen wir den Wiederhall oder das Echo. Die Ursache, warum zu einem Echo die zurückwerfende Fläche wenigstens 66 Fuß entfernt seyn muß, liegt darin, daß unser Ohr nur 8 innerhalb einer Secunde auf einander folgende Töne oder Laute unterscheiden kann, und daß der Schall in Einer Secunde einen Raum von 1047 Fuß durchläuft. Aus der ersten Ursache muß der Schall auf seinem Wege zu der zurückwerfenden Fläche und auf seiner Rückkehr von derselben zum Ohre wenigstens $1/8$ Secunde verweilen, oder um $1/8$ Secunde später ins Ohr gelangen als der Urschall. Aus der zweyten Ursache muß ein Weg, auf welchem der Schall $1/8$ Secunde zubringen soll, 132 Fuß betragen. So viel be-

trägt aber die Strecke, welche der Schall durchläuft, wenn die zurückwerfende Fläche $^{132}/_{2}$ = 66 Fuß entfernt ist, weil der Schall diesen Raum zwey Mahl, nähmlich beym Hin- und Zurückgehen durchlaufen muß. Da der Schall auf dem Hin- und Rückwege nach dem oben angegebenen Gesetze an Intensität abnimmt; so kommt der zurückgeworfene Schall am Orte des Urschalles höchstens mit einer Intensität an, als ob er in derselben Entfernung hinter der zurückwerfenden Fläche erregt worden wäre; daher muß das Echo immer schwächer als der Urschall gehöret werden, und zwar unter übrigens gleichen Umständen um so schwächer, je weiter die zurückwerfende Fläche entfernt ist; daher können die Stimmen zweyer neben einander gehender mit einander redender Wanderer nie ein Echo geben; daher höret man in Gebirgsgegenden von Flinten- oder Kanonenschüssen ein sehr deutliches Echo, wenn auch die Stimme eines noch so laut rufenden Menschen einsam verhallet.

Je weiter die zurückwerfende Fläche von dem Urschalle entfernt ist, desto größer ist die Zwischenzeit vom Urschalle bis zur Rückkehr des zurückgeworfenen Schalles. Von dieser Entfernung hängt es also ab, ob ein Echo einsylbig ist, d. h. nur die letzte von mehreren gerufenen Sylben als Echo gehört wird, ob es zweysylbig ist, d. h. die letzten zwey Sylben wiederhohlt, oder ab es mehrsylbig ist. Je vielsylbiger ein Echo ist, desto schwächer muß es nach dem oben Gesagten seyn. Das Echo ist einfach, wenn nur Eine Wiederhohlung des Urschalles Satt findet, vielfach, wenn der Urschall mehrmahls wiederhohlt wird. Das Letzte geschieht, wenn der Urschall von mehreren Flächen in verschiedenen Entfernungen zurückgeworfen wird, oder wenn zwey Flächen so gestellt sind, daß sie sich den Schall durch die Zurückwerfung wechselseitig zuschicken. — Man findet viele merkwürdige Echo's beschrieben; als Beyspiel eines sehr vielsylbigen Echo's kann das bey dem Grabmahle der Metella dienen, welches den ersten Vers der Aeneide: Arma virumque cano etc. 8 Mahl wiederhohlen soll; dann das von dem Thurme und einem Stück Mauer einer alten Veste bey Derenburg unweit Halberstadt, welches 27 schnell hinter einander gesprochene Sylben wiedergab. Als Beyspiel eines sehr vielfachen Echo's jenes bey dem Schlosse Simonetta, welches ein Wort 40 Mahl wiederhohlen soll. Uebrigens glaubt man an manchem Orte alle Bedingungen zu einem Echo zu finden, ohne daß ein Echo Statt findet, und so auch umgekehrt.

434. Viele Beobachtungen beweisen, daß sich der Schall durch tropfbare und starre Substanzen eben so fortpflanzen

kann, wie er sich darin erzeugt: Franklin hörte unter Wasser den Schall von zwey gleichfalls unter Wasser zusammengeschlagenen Kieselsteinen auf eine halbe engl. Meile; in größerer Nähe war der Schall wegen seiner Stärke unangenehm. Die Fische sind mit Gehörwerkzeugen versehen, werden durch Geräusch verscheucht, folglich muß sich der Schall durch Wasser bis zu ihren Ohren fortpflanzen. Die Geschwindigkeit der Schallfortpflanzung in Wasser beträgt nach Colladon's und Sturm's Versuchen bey 6°,5 R. 4418,5 P. F. in Einer Secunde. Nach der Newton'schen von La Place verbesserten Formel berechnet (§. 430*), bewegt sich bey + 8° R. während 1 Secunde der Schall in Regenwasser, 4700 P. F. = 4826 W. Fuß (also 4 Mahl schneller als durch atm. L.); in Seewasser 5000 P. Fuß = 5130 W. Fuß. Berechnet man die Geschwindigkeit der Schallfortpflanzung nach der obigen Newton'schen Formel für Messing; so findet man sie für 1 Secunde 10954 P. F. Chladni berechnet die Schnelligkeit der Schallfortpflanzung in verschiedenen starren Substanzen nach der Zeit, in welcher ein Streif von einer bestimmten Materie und Länge eine Total-Längenschwingung macht (§. 418), und findet nach dieser Methode die Schallfortpflanzung in Zinn 7½, in Silber 9, in Kupfer fast 12, und in Eisen fast 17 Mahl schneller als in der atm. L. Elastische und tropfbare Flüssigkeiten, so wie starre Substanzen, sind also nach Verschiedenheit ihrer Natur sehr ungleiche Leiter des Schalles, sowohl in Rücksicht der Stärke als der Geschwindigkeit des letzteren.

Die Bergleute hören beym Stollenbaue die Hammerschläge der ihnen entgegenarbeitenden Cameraden durch beträchtliche Strecken von Steinlagen. Hält man das Ohr an die Erde, so vernimmt man das Geräusch von Fußtritten u. dgl. in solchen Entfernungen, aus welchen es durch die Luft das Ohr nicht im Geringsten afficirt (Prätorius Horchrohr zum Kriegsgebrauche, in Gilb. A. 39, 150). Die genauesten Versuche hat Biot in der 2927 P. F. langen Wasserleitung aus gußeisernen Röhren gemacht. Der kleinste Schlag, ja selbst das durch Kratzen mit einer Stecknadel an das eine Ende der Röhre hervorgebrachte Geräusch wurde beynahe mit unverminderter Stärke bis zum andern Ende fortgepflanzt. Zugleich zeigte sich hierbey die größere Schnelligkeit der Schallfortpflanzung durch die Substanz der eisernen Röhren als durch die eingeschlossene Luft; denn es wurde ein einfacher Schall 2,76 Secunden nach seiner Erregung an dem einen Ende der Röhrenleitung, an dem entgegengesetzen Ende immer doppelt vernommen, indem zwischen den zwey Gehörsempfindungen ein Zeitraum von 2,5

Sec. verstrich; der frühere Schall war der durch das Metall fortgepflanzte, und der spätere der durch die Luft überbrachte. Da aus diesen Beobachtungen leicht zu berechnen ist, daß der Schall sich durch das Metall in 0,26 Secunden, durch die gleich lange Luftstrecke aber in 2,76 Secunden bewegte: so folgt, daß sich der Schall durch Eisen mehr als 10 Mahl schneller als durch Luft fortpflanzt. Wheatstone's Mikrophon (431) befördert die Wahrnehmung sehr schwacher in starren Körpern erregter Schallbewegungen. Lagerhjelm hat aus der Geschwindigkeit der Schallfortpflanzung in verschiedenen Metallen das Verhältniß ihrer spec. Elasticitäten berechnet. — Bey dem Uebergange aus Wasser in Luft oder aus der letzteren in das erstere, wird der Schall ausnehmend geschwächt: darin mag auch die Ursache zu suchen seyn, daß ein Glas mit schäumendem Biere oder Weine weniger klingt als wenn das Schäumen vorüber ist. Nach Colladon's und Sturm's Versuchen (*Ann. de chim. et phys.* 36, 236) hört man den in Wasser z. B. mittelst einer Glocke erregten Schall in die Entfernung nicht, so lange sich das Ohr außer Wasser befindet, ausgenommen man hält dasselbe an die Spitze eines Blechtrichters, der mit dem breiten oder geschlossenen Ende in Wasser gesteckt wird. — Um dem Einwurfe zu begegnen, daß die im Wasser enthaltene Luft die Ursache des schallleitenden Vermögens des ersteren sey, wurden die obigen Versuche in Wasser, welches durch Auskochen von Luft möglichst befreyt worden war, mit unverändertem Erfolge wiederhohlt. Wahrscheinlich wird der Schall in tropfbaren Flüssigkeiten nicht so durch abwechselnde Verdichtungen und Verdünnungen, wie in der Luft fortgepflanzt. Gleich wie schon bey andern Gelegenheiten (§. 112) das, was bey Gasarten durch Veränderung der Dichtigkeit geschieht, in tropfbaren Flüssigkeiten durch Störungen des Gleichgewichts, welche sich durch Erhebungen über die Libelle äußern, hervorgebracht wurde: so scheint auch die Fortpflanzung des Schalles in tropfbaren Flüssigkeiten einer Art von unsichtbarer wellenförmiger Bewegung zuzuschreiben zu seyn. Diese Meinung wird auch durch das wellenförmige Kreiseln des Wassers in einem Gefäße bestätigt, welches auf irgend eine Art zum Klingen gebracht worden ist (§. 420. Savart in *Ann. de chim. et phys.* 31, 283).

In den neuesten Zeiten sind an der Fortpflanzung des Schalles einige Modificationen entdeckt worden, die wegen ihrer Aehnlichkeit mit der Polarisation des Lichtes, mit der Benennung der Schall-Polarisation belegt worden sind. Wheatstone brachte mit dem einen Ende eines mehrere Fuß langen geraden und starken Messingdrahts, der mit dem andern Ende den Resonanzboden eines Claviers u. dgl. berührte, den Stiel einer tönenden Stimmgabel so in Berührung, daß die Längenachse der Stimmgabel die Verlängerung des Drahtes machte, und bemerkte, daß sich auf diese Art der Ton der

Stimmgabel dem Resonanzboden so mittheilte, als ob beyde in unmittelbarer Berührung ständen, ohne daß man den Metalldraht selbst im geringsten tönen hörte. Wurde die Berührung der Stimmgabel mit dem Drahte, oder dieses mit dem Resonanzboden nur im geringsten unterbrochen, so erfolgte gar keine Mittheilung des Tones mehr. Stellte er die Stimmgabel an dem einen Ende des Drahtes so auf denselben, daß sie mit ihm einen rechten Winkel machte, so theilte sich der Ton durch den Draht dem Resonanzboden nur dann mit, wenn die durch beyde Zinken der Gabel gelegte Ebene mit der Ebene des Drahtes parallel war, keineswegs aber, wenn beyde Ebenen einen rechten Winkel machten. Wurde die rechtwinklich auf den Draht gestellte tönende Stimmgabel um ihre Längenachse gedreht, so verschwand der Ton nach 1/4 Umdrehung und ließ sich nach der folgenden 1/4 Umdrehung wieder hören; so daß er während der ganzen Umdrehung zwey Mahl sein Maximum und eben so oft sein Minimum erreichte. Biegt man den wagrechten Draht, während die tönende, senkrechte Stimmgabel in der Position des Maximums mit demselben in Berührung ist, so wird der Ton immer schwächer und verschwindet, wenn der Draht zu einem rechten Winkel gebogen ist, wird beym Weiterbiegen aber wieder allmählig vernehmlich, und erlangt seine volle Stärke, wenn der Draht zu zwey parallelen Schenkeln (wie die Zinken einer Gabel) gebogen ist. Bewegt man eine tönende Stimmgabel längs eines Drahtes; so theilt sich durch diesen der Ton nicht mit, welches aber sogleich erfolgt, wie die Bewegung der Stimmgabel unterbrochen wird. Auch hängt die Mittheilung des Tones von dem Verhältnisse der Höhe desselben zur Dicke des Drahtes ab: durch einen dünnen Draht z. B. erfolgt sehr gut die Mittheilung eines hohen Tones, keineswegs aber die eines tiefen. Die Brüder Weber bemerkten, daß die Schwingungen einer Stimmgabel in der Richtung, in welcher die Schenkel der Gabel sich hin- und her bewegen, so wie auch in einer auf dieser senkrechten Richtung sehr deutlich vernehmbar sind, während sie in den zwischen diesen beyden mitten inne liegenden Richtungen für das Ohr verschwinden; und daß daher ein vor einer tönenden und um ihre senkrechte Längenachse sich drehenden Stimmgabel ruhig stehender Mensch während Einer Umdrehung das Tönen derselben zwey Mahl deutlich höret und zwey Mahl beynahe gar nicht vernimmt. Die beyden Brüder bemerkten ferner, daß sich der Luft beynahe gar nicht die Schwingungen einer Stimmgabel mittheilen, die sich sehr schnell um ihre Längenachse drehet (Wheatstone in *Ann. de chim. et phys.* 23, 313. — Wellenlehre auf Experimente begründet u. s. w. von den Brüdern Ernst Heinrich Weber und Wilhelm Weber. Leipzig 1825. — Chladni in Kastner's Archiv 7, 92 u. 8, 91. — W. Weber in Schweigg. J. 46, 108 u. 48, 385).

Von der Empfindung des Schalles.

435. Es ist nun noch die Frage zu beantworten, wie der auf eine der beschriebenen Arten erzeugte und fortgepflanzte Schall empfunden werde, was also bey der Wahrnehmung des Schalls im Gehörorgane vor sich gehe. Das Ohr, als das zur Aufnahme der hörbaren Eindrücke bestimmte Organ, hat einen sehr zusammengesetzten Bau, von dessen sämmtlichen Theilen man bey weitem noch nicht den Zweck kennet. Man unterscheidet ein äußeres und inneres Ohr. Zu dem äußern Ohre rechnet man den knorplichen und mit den allgemeinen Bedeckungen überzogenen äußeren muschelförmigen Ansatz, der, so wie ein Höhrrohr (§. 432), zum Auffangen und Concentriren der Schallstrahlen bestimmt ist, und den Gehörgang. Die Ohrmuschel hat mehrere theils hervorragende, theils vertiefte Windungen; welche sämmtlich die einfallenden Schallstrahlen in den Gehörgang leiten. Der Gehörgang fängt knorplicht an, und endigt knöchern in dem so genannten Felsenbeine, oder in dem pyramidenartigen Fortsatze des Schlafbeins, in dessen Höhlung auch alle Theile des innern Ohres liegen. Die Ohrmuschel ist mit eigenen Muskeln versehen, durch welche sie im Stande der Natur den ankommenden Schallstrahlen etwas entgegen gerichtet werden kann, welche aber bey civilisirten Menschen durch die Kopfbedeckungen in der ersten Jugend so gelähmt sind, daß nur wenige Personen Ausnahmsweise ihre Ohren etwas bewegen können. Der Gehörgang wird durch Haare vor Insecten und Staub geschützt, und durch das aus eigenen Drüsen abgesonderte Ohrenschmalz nothdürftig schlüpfrig erhalten. Der knöcherne Theil des Gehörganges wird durch das vorgespannte Trommelfell geschlossen, welches die Scheidewand zwischen dem äußeren und inneren Ohre macht. Das innere Ohr besteht aus der Trommelhöhle und aus dem Labyrinthe, welche durch das so genannte runde, und durch das ovale Fenster in einiger Verbindung stehen. In der Trommelhöhle befinden sich die vier Gehörknöchelchen: der Hammer, der mittelst eines Fortsatzes mit der inneren convexen Fläche des Trommelfelles zusammenhängt, der Amboß, das runde Knöchelchen des Sylvius, und der Steigbügel; welche durch Gelenkflächen verbunden, und mit eigenen zu ihrer Bewegung bestimmten sehr kleinen Muskeln versehen sind. Bey ihrer Bewegung scheinen

sie wie ein System von Hebeln zu wirken. Der eine am Hammer befestigte Muskel heißt von seiner Wirkung der Spanner des Trommelfells. Der Steigbügel schließt mit seiner Grundfläche das ovale Fenster; das runde Fenster ist mit einem Häutchen überspannt, welches man wohl auch das zweyte Trommelfell heißt. Die Trommelhöhle communicirt durch die Eustachische Ohrtrompete mit der Mundhöhle. Diese Ohrtrompete ist ein theils knöcherner, theils knorplicher, theils häutiger Canal, der in der Trommelhöhle mit einer engen Oeffnung anfängt, und sich trompetenförmig allmählich erweiternd bis zu den hinteren Nasenöffnungen fortsetzet. Durch diese Communications-Röhre wird die Luft in der Trommelhöhle mit der äußeren stets in einer gleichen Spannung erhalten. Das Labyrinth besteht aus dem Vorhofe, aus den drey halbkreisförmigen Röhren, welche im Vorhofe entstehen und sich dahin wieder münden, und aus der Schnecke. In den halbkreisförmigen Röhren befinden sich ähnliche häutige Canäle, welche an ihrer Mündung im Vorhofe anschwellen und mit Nervenmark-Substanz gefüllte Bläschen und Säckchen bilden. Die Schnecke besteht aus einem knöchernen, allmählig sich verengenden Canale, welcher in 2½ Spiralgängen um eine konische Achse, die Spindel, gewunden ist. Dieser Canal ist durch eine mit den Wänden gleichlaufende Scheidewand in zwey Hälften getheilt, die man Treppen heißt: die Vorhofstreppe fängt im Vorhofe und die Trommeltreppe beym runden Fenster an. Auch die Treppen sind mit feinen Fasern von pinselartig dünn ausgebreiteter Mark-Substanz vom siebenten Nervenpaare bekleidet. Uebrigens sind alle genannten Höhlen und Canäle des Labyrinths mit einer wässerigen Flüssigkeit erfüllt (Sömmering Abbildung des menschlichen Hör-Organs. Frankfurt 1805. Gilb. Ann. 44).

436. Die von dem schallenden Körper in der Luft sich verbreitenden Schallwellen, oder die von demselben ausgehenden Schallstrahlen werden von der Ohrmuschel aufgefangen, und gegen den Gehörgang reflectirt. So verstärkt gelangen sie ans Trommelfell, und versetzen dasselbe in Schwingungen, welches um so leichter geschieht, wenn es früher durch die Aufmerksamkeit des Hörenden den ankommenden Tönen entsprechend, gespannt worden ist. Die Schwingungen des Trommelfells werden theils mittelst der hebelartig wirkenden Gehörknöchelchen durch das ovale Fenster, theils mittelst

der Luft in der Trommelhöhle durch die Haut des runden Fensters dem im Labyrinthe befindlichen Wasser, und durch dieses endlich der darin ausgebreiteten Nerven-Substanz mitgetheilt. Durch die Nerven werden die Eindrücke zum allgemeinen Sensorium gebracht und gelangen so zum Bewußtseyn.

Man bemerkt leicht, daß diese Erklärung viel zu wenig auf die Einzelnheiten und Eigenthümlichkeiten des so äußerst zusammengesetzten Gehör-Organs gebauet ist, als daß dadurch der Vorgang beym Hören eben so deutlich, wie jener beym Sehen (§. 263) werden könnte. Einige haben zwar den einzelnen Theilen des Ohres eigenthümliche Geschäfte angewiesen, z. B. den einen für die Saitentöne, den andern für die Töne der Blas-Instrumente, und wieder einen andern für die Aufnahme der articulirten Laute bestimmt; allein da sie ihre Meinung gar nicht begründen konnten, so darf sie als die Geburt einer ganz willkührlichen Phantasie keinen Anspruch auf eine gute Aufnahme machen (Munke, über die Fortpflanzung des Schalles vom Pauckenfelle zu den Gehör-Nerven, in Kastner's Arch. 7, 1. *F. Savart, sur les usages de la membrane du tympan et de l'oreille externe; Ann. de chim. et phys.* 25, 5). Das äußere Ohr scheint bloß für den durch die Luft fortgepflanzten Schall bestimmt zu seyn; daher fehlt es auch den Wasserbewohnern. Die Fische besitzen bloß den Vorhof, mit losen darin liegenden festen Körperchen, und die halbkreisförmigen Röhren; da hingegen die Vögel schon über dieß noch ein Trommelfell und eine Eustachische Röhre besitzen. Auch bey Menschen kann der Schall durch die festen Theile ihres Körpers bis zu den Gehör-Nerven im Labyrinthe fortgepflanzt werden, ohne seinen Weg durch das Trommelfell zu nehmen. Hält man einen Faden, an dem ein Löffel oder ein anderes Stück Metall hängt, zwischen den Zähnen, und läßt man das Metall in pendelartigen Schwingungen an andere, starre Körper schlagen; so vernimmt man selbst bey sehr gut verstopften Ohren einen dem Glockengeläute ähnlichen, starken Schall. Zwey Menschen, wovon jeder ein Ende eines gespannten Metall- oder auch Seidenfadens zwischen die Zähne nimmt, können sich auf große Entfernungen so leise, daß sie von den Umstehenden nicht vernommen werden, besprechen. Manche Taube hören die Musik eines Claviers, wenn sie mit einem auf den Resonanzboden gestemmten Stäbchen den Kopf berühren. Auch einen starken, durch die Luft fortgepflanzten Schall, z. B. einen Flintenschuß, starkes Glockengeläute, vernimmt man bey zugestopften Ohren, indem die Schwingungen der Luft dem Knochengerüste mitgetheilt und von diesem bis zum Labyrinthe fortgepflanzt werden. Taube erhalten durch das erhöhte Gemeingefühl öfters jenen des Gehöres ähnliche Empfindungen; daher

sie einige Zeit nach dem gänzlichen Verluste des Gehörs dasselbe zum Theil wieder zu erhalten meinen. — Das Gehör ist eben so vielen Krankheiten wie das Gesicht unterworfen; die Fähigkeit zu hören, geht dadurch ganz oder zum Theil verloren. Diese Krankheiten (cophosis und baryecoia) können ihren Sitz im Gehörgange haben z. B. Entzündung, Verwachsung, Verstopfung mittelst eines fehlerhaft abgesonderten Ohrenschmalzes u. dgl.; oder im Trommelfelle, z. B. Steifheit, Verknöcherung u. dgl. (weßwegen alte Leute gewöhnlich harthörig sind), Erschlaffung oder Zerreissung, z. B. durch einen sehr starken Knall u. dgl.; oder in der Trommelhöhle, z. B. Zerstörung des Hebel-Systems der Gehörknöchelchen durch Eiterung u. dgl., Verstopfung der Eustachischen Ohr-Trompete: in dem letzten Falle hat öfters die Durchstechung des Trommelfells geholfen; im Labyrinthe endlich, z. B. Mangel oder Ausartung der wässerigen Flüssigkeit, Lähmung des Gehör-Nervens. Der letzte Fehler ist gewöhnlich unheilbar, und die daraus entspringende Taubheit läßt sich durch kein Hülfsmittel mildern. Aus den angeführten Ursachen der Harthörigkeit kann man sich auch die Wirkungen der Hülfsmittel erklären, welche Taube anwenden, um etwas zu hören, z. B. das Oeffnen des Mundes. — Taubgeborne sind auch stumm, d. h. es fehlt ihnen nicht die Stimme, aber die Sprache: sie besitzen nähmlich alle zum Sprechen erforderlichen Organe im vollkommenen Zustande, weil sie aber die articulirten Laute Anderer nicht hören, so können sie dieselben auch nicht nachahmen. Daher können Taubstumme nach einer eigenen Methode, die man in den Unterrichtsanstalten für dieselben anwendet, sprechen lernen. Zwey Drittheile der Taubstummen sind scrophulös. Das Klima scheint nicht ohne Einfluß auf die angeborne Taubheit zu seyn; denn in Dänemark kommt Ein Taubstummer auf 1593, in Oesterreich und Böhmen erst auf 3500 Menschen. — In Hinsicht der Vollkommenheit des Gehörs gibt es sehr viele Abstufungen. In der Schärfe des Gehöres, welche nach der Entfernung beurtheilet wird, auf welche es einen Schall von einer gewissen Stärke wahrnimmt, thun es mehrere Thiere, z. B. die Elephanten, dann die rohen Naturmenschen den cultivirten Städtebewohnern weit zuvor. Einige Menschen haben ein vorzüglich richtiges Gehör im Auffassen und Beurtheilen unarticulirter Töne; man nennet dieses ein musikalisches Gehör: diese Gabe findet man unter einer Nation häufiger als unter einer andern. Andere Menschen unterscheiden sehr genau die articulirten Laute; diese lernen daher leicht fremde Sprachen und Dialecte richtig sprechen u. dgl. m. (Jos. May diss. de Cophosi et Baryecoia. Vindob. 1812. Gilb. A. 44, 362).

Nachtrag.

Von Maßen und Gewichten.

437. Wir brauchen Maße für die Zeit und für den Raum, dann Gewichte zur Bestimmung der Körpermasse.

Die Lehre vom Zeitmaße findet den schicklichsten Ort dort, wo von der Bewegung der Himmelskörper (§. 39) oder des Pendels (§ 55*) die Rede ist; die Lehre von Raummaßen dort, wo von der Ausdehnung gehandelt wird (§. 10*); und die Gewichtslehre reihet sich am natürlichsten an die Erklärung der Phänomene der Schwere (§. 46). Um aber dort den Zusammenhang der Hauptlehrsätze nicht zu sehr zu unterbrechen, und um diese Lehren in einer für alle drey ersprießlichen Verbindung vorzutragen, werden sie hier als Nachtrag geliefert.

Zeitmaß.

438. Zeit und Raum dienen sich wechselseitig zum Maßstabe. Der Raum, welchen Körper durch gleichförmige Bewegung zurücklegen, ist das beste Maß der Zeit (§. 21*). Die Bewegungen der Himmelskörper sind allen Menschen wichtig, daher von allen Menschen beobachtet, sie sind unveränderlich, sie wiederhohlen sich stets gleichförmig, und gewähren daher einen sehr festen und allgemeinen Maßstab für die Zeit. Die gleichförmigste dieser Bewegungen ist die Achsendrehung der Planeten (§. 21); folglich auch der Erde. Die Zeit, während welcher sich die Erde Ein Mahl um die Achse drehet, heißt ein astronomischer Tag; und der Zeitraum, welchen die Erde zu Einem Umlaufe um die Sonne bedarf, heißt ein Jahr. — Wann ist eine Achsendrehung der Erde vollendet? Wann ein Punct ihrer Oberfläche gegen einen fixen Punct außerhalb der Erde, d. h. gegen ein Object, welches, ungeachtet der Bewegung des Erdballes in seiner Bahn um die Sonne, die Richtung gegen denselben nicht merklich verändert, wieder dieselbe Lage erhält. Solche Objecte außerhalb der Erde sind nur die Fixsterne. Die Erde dreht sich also Ein Mahl um die Achse in der Zeit, welche sie braucht, damit derselbe Fixstern zwey Mahl für den nähmlichen Punct ihrer Oberfläche culminire, d. h. zwey Mahl im Meridiane des nähmlichen Ortes erscheine: dieser Tag, der eigentlich das gleichförmigste Zeitmaß und daher das ganze Jahr hindurch genau von derselben Länge ist, heißt ein Sterntag und die darnach gemessene Zeit Sternenzeit. Da sich die Geschäfte des bürgerlichen Lebens nach dem Stande der Sonne und nicht nach jenem der Sterne richten; so hat man von

jeher den Zeitraum, welcher zwischen zwey Durchgängen des Mittelpuncts der Sonne durch den Meridian eines Ortes, also zwischen zwey auf einander folgenden Mittagen oder Mitternächten verfließt, einen Tag, und zwar einen **Sonnentag**, so wie die darnach abgetheilte Zeit, die **Sonnenzeit** geheißen. Weil die Erde (scheinbar die Sonne) während jeder Achsendrehung von Westen gegen Osten, zugleich in ihrer Bahn (in der Ekliptik) um beynahe Einen Grad fortschreitet; so braucht der Meridian eines Ortes etwas mehr Zeit, um die scheinbar fortgerückte Sonne, als um einen unbeweglichen Fixstern wieder zu erreichen; oder der Sonnentag muß etwas länger als der Sternentag seyn; und da durch die progressive Bewegung der Erde die Sonne das ganze Jahr hindurch um Ein Mahl weniger durch den Meridian geht, als ein Fixstern, das Jahr also um Einen Sonnentag weniger als Sternentage zählt (so wie die Umsegler der Erde von Osten nach Westen Einen Tag verlieren): so muß durch die Vertheilung der 1440 Minuten des eingebrachten Tages in die 365 Tage des Jahres, jeder Sonnentag fast um 4 Minuten länger als ein Sternentag werden. — Die Sonnentage sind das ganze Jahr hindurch nicht so wie die Sternentage gleich lang. Die Ursache hiervon liegt in der theils scheinbaren (aus der Schiefe der Ekliptik entspringenden), theils wirklichen (in dem veränderlichen Abstande der Erde von der Sonne gegründeten) Ungleichheit der progressiven Bewegung der Erde um die Sonne. Am 2. November ist der Tag (von einer Mitternacht zur andern, oder von einem Mittage zum andern) um 31 Minuten länger als am 12. Februar. Diese ungleich langen Tage, oder die bald etwas längere, bald kürzere Zeit zwischen zwey Mittagen, heißt man die **wahre Sonnenzeit**, und nur diese wird von den **Sonnenuhren** oder **Gnomons** angegeben. Vertheilt man den Ueberschuß der längeren und den Mangel der kürzeren Tage gleichmäßig unter alle Tage des Jahres, so erhält man Tage von gleicher Länge, wovon jeder beyläufig um 4 Minuten länger als ein Sternentag ist. Man heißt einen solchen Tag einen **mittleren Sonnentag**, und die darnach bestimmte Zeit **mittlere Sonnenzeit**. Der wahre Sonnentag muß, dem Gesagten zu Folge, bald länger, bald kürzer als der mittlere Sonnentag seyn: nur am 15. April, 15. Junius, 31. August und 24. December ist der wahre Sonnentag mit dem mittleren von gleicher Länge. Ein

Sternentag dauert 23 Stunden 56 Minuten 4 Secunden oder 23,9344 Stunden in mittlerer Sonnenzeit.

Die Astronomen fingen sonst ihren Tag zu Mittag an, und endigten ihn am folgenden Mittage; gegenwärtig rechnen sie ihn aber auch von einer Mitternacht bis zur andern. Im gemeinen Leben heißt Tag der Zeitraum vom Aufgange bis zum Untergange der Sonne, im Gegensatze von Nacht, oder der Zeit, während welcher die Sonne unter dem Horizonte verweilt. Der astronomische Tag wird in 24 Stunden, die Stunde in 60 Minuten, die Minute in 60 Secunden, die Secunde in 60 Terzien untergetheilt. Folgende Tafel zeigt die Zeitgleichung, d. h. den Unterschied der wahren und der mittleren Sonnenzeit; indem sie angibt, welche Zeit gute, d. h. ganz gleichförmig gehende und nach mittlerer Sonnenzeit regulirte astron. Pendeluhren oder des Nahmens würdige Chronometer an jedem Monathstage zeigen, wann der Mittelpunct der Sonne im Meridiane stehet oder wann es wahrer Mittag ist.

Mittlere Sonnenzeit am wahren Mittage.

Tag.	Januar.		Februar.		März.		April.		May.		Junius.	
	St.	Min.	St.	Min.	St.	Min.	St.	Min.	St.	Min.	St.	Min.
1	12	3,7.	12	13,8.	12	12,7.	12	4,1.	11	57,0.	11	57,4.
2	12	4,1.	12	14,0.	12	12,5.	12	3,8.	11	56,9.	11	57,5.
3	12	4,6.	12	14,1.	12	12,3.	12	3,5.	11	56,8.	11	57,7.
4	12	5,1.	12	14,2.	12	12,1.	12	3,2.	11	56,7.	11	57,8.
5	12	5,5.	12	14,3.	12	11,9.	12	2,9.	11	56,6.	11	58,0.
6	12	6,0.	12	14,4.	12	11,6.	12	2,6.	11	56,5.	11	58,2.
7	12	6,4.	12	14,4.	12	11,4.	12	2,3.	11	56,4.	11	58,5.
8	12	6,9.	12	14,5.	12	11,2	12	2,1.	11	56,3.	11	58,5.
9	12	7,3.	12	14,5.	12	10,9.	12	1,8.	11	56,2	11	58 7.
10	12	7,7.	12	14,5.	12	10,7.	12	1,5.	11	56,2.	11	58,9.
11	12	8,1.	12	14,6.	12	10,4.	12	1,2.	11	56,2	11	59,1.
12	12	8,5.	12	14,6.	12	10,1.	12	1,0.	11	56,1.	11	59,3.
13	12	8,9.	12	14,6.	12	9,9.	12	0,7.	11	56,1.	11	59,5.
14	12	9,2.	12	14,5.	12	9,6.	12	0,4.	11	56,1.	11	59,7.
15	12	9,6.	12	14,5.	12	9,3.	12	0,2.	11	56,1.	11	59,9.
16	12	10,0.	12	14,4.	12	9,0.	11	59,9.	11	56,1.	12	0,1.
17	12	10,3.	12	14,4.	12	8,7.	11	59,7.	11	56,1.	12	0,3.
18	12	10,6.	12	14,3.	12	8,4.	11	59,4.	11	56,1.	12	0,6.
19	12	11,0.	12	14,2.	12	8,1.	11	59,2.	11	56,2.	12	0,8.
20	12	11,2.	12	14,1.	12	7,8.	11	59,0.	11	56,2.	12	1,0.
21	12	11,5.	12	14,0.	12	7,5.	11	58,8.	11	56,2.	12	1,2.
22	12	11,8.	12	13,9.	12	7,2.	11	58,6.	11	56,3.	12	1,4.
23	12	12,1.	12	13,7.	12	6,9.	11	58,4.	11	56,4.	12	1,6.
24	12	12,3.	12	13,6.	12	6,6.	11	58,2	11	56,4.	12	1,8.
25	12	12,6.	12	13,4.	12	6,3.	11	58,0.	11	56,5.	12	2,1.
26	12	12,8.	12	13,3.	12	6,0.	11	57,8.	11	56,6.	12	2,3.
27	12	13,0.	12	13,1.	12	5,7.	11	57,6.	11	56,7.	12	2,5.
28	12	13,2.	12	12,9.	12	5,4.	11	57,5.	11	56,8.	12	2,7.
29	12	13,4.	»	»	12	5,1.	11	57,3.	11	57,0.	12	2,9.
30	12	13,6.	»	»	12	4,7.	11	57,1.	11	57,1.	12	3,1.
31	12	13,7.	»	»	12	4,4.	»	»	11	57,2.	»	»

Tag.	Julius. St.	Min.	August. St.	Min.	Septemb. St.	Min.	October. St.	Min.	Novemb. St.	Min.	Decemb. St.	Min.
1	12	3,3.	12	6,0.	12	»	11	49,9.	11	43,7.	11	49,1.
2	12	3,5.	12	6,0.	11	59,7.	11	49,5.	11	43,7.	11	49 4.
3	12	3,7.	12	5,9.	11	59,4.	11	49,2.	11	43,7.	11	49,8.
4	12	3,9.	12	5,8.	11	59,1.	11	48,9.	11	43,7.	11	50,2.
5	12	4,0.	12	5,7.	11	58,8.	11	48,6.	11	43,7.	11	50,6.
6.	12	4,2.	12	5,6.	11	58,4.	11	48,3.	11	43,8.	11	51,1.
7	12	4,4.	12	5,5.	11	58,1.	11	48,0.	11	43,8.	11	51,5.
8	12	4,5.	12	5,4.	11	57,8.	11	47,8.	11	43,9.	11	51,9.
9	12	4,7.	12	5,3.	11	57,4.	11	47,5.	11	44,0.	11	52,4.
10	12	4,9.	12	5,2.	11	57,1.	11	47,2.	11	44,1.	11	52,8.
11	12	5,0.	12	5,0.	11	56,7.	11	47,0.	11	44,2.	11	53,3.
12	12	5,1.	12	4,8.	11	56,4.	11	46,7.	11	44,3.	11	53,7.
13	12	5,3.	12	4,7.	11	56,1.	11	46,5.	11	44,4.	11	54,2.
14	12	5,4.	12	4,5.	11	55,7.	11	46,2.	11	44,5.	11	54,7.
15	12	5,5.	12	4,3.	11	55,4.	11	46,0.	11	44,7.	11	55,2.
16	12	5,6.	12	4,2.	11	55,0	11	45,8.	11	44,9.	11	55,7.
17	12	5,7.	12	4,0.	11	54,6.	11	45,6.	11	45,0.	11	56,1.
18	12	5,8.	12	3,7.	11	54,3.	11	45,4.	11	45,2.	11	56,6.
19	12	5,9.	12	3,5.	11	53,9.	11	45,2.	11	45,5.	11	57,1.
20	12	5,9.	12	3,3.	11	53,6.	11	45,0.	11	45,7.	11	57,6.
21	12	6,0.	12	3,1.	11	53,2.	11	44,8	11	45,9.	11	58,1.
22	12	6,1.	12	2,8.	11	52,9.	11	44,7.	11	46,2	11	58,6.
23	12	6,1.	12	2,6.	11	52,5.	11	44,5.	11	46,5.	11	59,1.
24	12	6,1.	12	3,3.	11	52,2.	11	44,4.	11	46,7.	11	59,6.
25	12	6,1.	12	2,1.	11	51,9	11	44,2.	11	47,0.	12	0,1.
26	12	6 2.	12	1,8.	11	51,5.	11	44,2.	11	47,3.	12	0,6.
27	12	6,2.	12	1,5.	11	51,2.	11	44,1.	11	47,7.	12	1,1
28	12	6,2.	12	1,2.	11	50,8.	11	44,0.	11	48,0.	12	1,6.
29	12	6,1.	12	0,0.	11	50,5.	11	43,9.	11	48,3.	12	2,1.
30	12	6,1.	12	0,6.	11	50,2.	11	43,8.	11	48,7.	12	2,6.
31	12	6,1.	12	0,3.	»		11	43,8.	»	»	12	3,1.

So wie sich die Länge des Sternentages, des wahren und mittleren Sonnentages unterscheidet; so unterscheiden sich auch in ihrer Länge die Stunden, Minuten, Secunden und Terzien der Sternenzeit, der wahren und mittleren Sonnenzeit von einander. Um diese kleineren Abtheilungen des Tages beyläufig zu schätzen, beobachtet der Landmann bey Tage die Höhe der Sonne (d. h. ihren Abstand vom Meridiane oder vom Horizonte), bey Nacht die Höhe der Sterne. Um dieses mit mehr Genauigkeit zu thun, sucht der Mensch jene gleichförmigen Bewegungen der Himmelskörper im Kleinen nachzuahmen. Alle Uhren beruhen auf gleichförmigen Bewegungen und auf gehöriger Abmessung der dadurch beschriebenen Räume. Sanduhren, Wasseruhren, Pendeluhren, Sackuhren (d. h. Stahlfederuhren). Die beste Uhr ist diejenige; welche beständig genau die mittlere Sonnenzeit angibt; sie kann daher nur 4 Mahl des Jahres mit der wahren Sonnenzeit, oder mit den Sonnenuhren übereinstimmen. Solche genaue

Uhren ohne Pendel nennet man Chronometer. Im Anfange des Novembers beträgt die Abweichung der mittleren Zeit von der wahren über 16 Minuten. Eine Uhr, welche heute nach wahrer Zeit gestellt wird, muß nach Einem ganzen Jahre an demselben Tage wieder genau die wahre Sonnenzeit angeben. Vorstehende Tafel dienet zugleich dazu, den gleichförmigen Gang und die Uebereinstimmung der Uhren mit der mittleren Zeit zu beurtheilen. Dazu gehöret aber noch, daß man genau wisse, wann es wahrer Mittag ist. Zu diesem Zwecke beobachtet man auf Sternwarten den Durchgang des Sonnenbildes durch die Mittagslinie Im Kleinen kann man sich hierzu folgender Vorrichtung bedienen. Man ziehe auf einer horizontalen Scheibe einen Kreis und befestige in seinem Mittelpuncte senkrecht einen geraden, verhältnißmäßig langen Stift. Nun stelle man die Scheibe unverrückbar an einen Ort, wo die Sonne um die Mittagszeit frey darauf scheinen kann. Man beobachte Vormittag genau, wann der Schatten des Stiftes sich so weit verkürzt, daß sein Ende die Kreislinie nur eben noch berühret, und bezeichne diesen Punct des Kreises; Nachmittags bezeichne man wieder jenen Punct, an welchem der sich verlängernde Schatten den Kreis zu berühren anfängt. Man suche nun den Mittelpunct des wechselseitigen Abstandes dieser zwey Puncte, ziehe durch diesen auf den Stift im Centrum des Kreises eine senkrechte Linie, und man hat an ihr eine Mittagslinie, d. h., so lange die Scheibe unverrückt bleibt, ist es wahrer Mittag, wann der Schatten des Stiftes diese Linie deckt. — Aus dieser Tafel ergibt sich auch, daß gegen den Winter, wo die Tage im Vergleich mit den Nächten sehr kurz sind, der astronomische Tag eigentlich am längsten ist. Für die Bewohner des Aequators selbst sind Tag und Nacht das ganze Jahr hindurch gleich; für die Bewohner der vom Aequator entfernten Gegenden wechselt das Verhältniß der Länge des Tages zu jener der Nacht nach den Jahreszeiten, und der Unterschied zwischen dem längsten und kürzesten Tage wächst mit dem Annähern gegen die Pole in einem progressiven Verhältnisse, so daß am Pole selbst der längste Tag ein halbes Jahr und die längste Nacht ein halbes Jahr dauert, oder daß dort die Sonne ein halbes Jahr gar nicht unter, und das andere halbe Jahr gar nicht aufgeht.

Nachstehende Tabelle zeigt den Unterschied des kürzesten und längsten Tages in verschiedenen Entfernungen vom Aequator.

Abstand vom Aequator		Längster Tag und längste Nacht.	Kürzester Tag und kürzeste Nacht.	Abstand vom Aequator		Längster Tag und längste Nacht.	Kürzester Tag und kürzeste Nacht.
8°	34′	12,5 Stunden	11,5 St.	63°	23′	20 Stunden	4 St.
16	44	13	11	64	11	20,5	3,5
24	22	13,5	10,5	64	50	21	3
30	48	14	10	65	22	21,5	2,5
36	31	14,5	9,5	65	48	22	2
41	24	15	9	66	8	22,5	1,5
45	32	15,5	8,5	66	21	23	1
49	2	16	8	66	29	23,5	0,5
52	—	16,5	7,5	66	32	24	0
54	31	17	7	67	18	1 Monath.	
56	38	17,5	6,5	69	44	2 »	
58	27	18	6	72	22	3 »	
60	—	18,5	5,5	78	11	4 »	
61	19	19	5	83	50	5 »	
62	26	19,5	4,5	90		6 »	

Man sieht aus dieser Tabelle, in welchem steigenden Verhältnisse der Unterschied der größten und kürzesten Tageslänge mit der Annäherung gegen die Pole wächst. Damit dieser Unterschied Eine Stunde wachse, muß man sich vom Aequator selbst weg um 8° 34′, also 127 Meilen entfernen. Vom 45° der Breite muß man um 4° 8′, also nur um 61,5 Meilen nördlicher reisen, damit der genannte Unterschied wieder um Eine Stunde größer werde; von Wien weg braucht man nur 45 geogr. Meilen von Berlin weg nur 37,5, von Petersburg weg nur 19,5, auf Island gar nur 5 Meilen weiter nördlich zu reisen, um den Unterschied zwischen dem längsten und kürzesten Tage immer um eine Stunde größer werden zu sehen. In den Polargegenden wird die lange Nacht durch die dort sehr beträchtliche Strahlenbrechung, welche die Sonne einige Zeit länger über dem Horizonte erscheinen macht, durch die aus derselben Ursache länger dauernde Dämmerung, durch die Nordlichter u. dgl. m. etwas abgekürzt und erträglicher gemacht. — Aus dem, was oben §. 53 über das Pendel gesagt worden ist, erhellet, daß man auch die Schwingungsdauer eines Pendels von bestimmter Länge und unter bestimmten Bedingungen zur Einheit des Zeitmaßes machen könnte. Auch bey der Pendelbewegung ist, wie bey den periodisch wiederhohlten Bewegungen der Himmelskörper, die Schwere das wirksame Princip.

439. Ein **Jahr** ist der Zeitraum, welchen die Erde zu Einem

Umlaufe um die Sonne braucht. Man kann einen Umlauf der Erde dann vollendet heißen, wann die Sonne wieder dieselbe Lage gegen den Aequator hat, z. B. in dem Frühlings- oder Herbstnachtgleichpuncte, im Winter- oder Sommersonnenwendepuncte stehet; oder wenn sie (aus dem Mittelpuncte der Sonne gesehen) wieder bey denselben Sternen erscheint. Das erste oder das tropische Jahr ist wegen des Zurückgehens des Punctes, wo die Ekliptik den Aequator schneidet (Rückwärtsgehen der Nachtgleichen, schon von Hypparch 130 Jahre vor Christi Geburt beobachtet), von dem Letzteren, dem siderischen Jahre, etwas verschieden. Das tropische Jahr dauert nähmlich 365 Tage, 5 Stunden, 48 Minuten, 50,832 Secunden; das siderische Jahr 365 Tage, 6 Stunden, 9 Minuten, 7 Secunden oder 365,256375 Tage. Da den Erdbewohnern der Stand der Sonne vorzüglich wegen der davon abhängigen Jahreszeiten wichtig ist, in dem tropischen Jahre aber die Jahreszeiten immer denselben Platz und dieselbe Folge behalten, so ist dieses mit Recht für die bürgerliche Zeitrechnung angenommen worden. Das bürgerliche Jahr besteht also aus jener Zahl ganzer Tage, welche dem tropischen Jahre am nächsten kommt, also aus 365 Tagen. Weil aber die nicht mitgezählten 5 Stunden und 48 Minuten in vier Jahren beynahe einen ganzen Tag ausmachen, so gibt man jedem vierten Jahre 366 Tage, und heißt es ein Schaltjahr. Hier schaltet man aber alle vier Jahre beynahe um 45 Minuten zu viel ein, welches in 128 Jahren wieder einen ganzen Tag ausmacht. Um diese Fehler zu verbessern, ist von vier auf einander folgenden Secular-Jahren, welche eigentlich alle Schaltjahre seyn sollten, nur das letzte ein Schaltjahr. So war das Jahr 1600 ein Schaltjahr, die Jahre 1700, 1800, 1900 sind keine Schaltjahre, und erst das Jahr 2000 wird wieder ein Schaltjahr seyn. Durch dieses System der Schaltjahre kann erst in 3200 Jahren ein Irrthum von Einem Tage geschehen.

Das Zurückgehen (praecessio) des Nachtgleichenpunctes beträgt nach den neuesten Beobachtungen für ein Jahr von 365 Tage 50",06571, und entsteht durch Verminderung der Schiefe der Ekliptik, d. h. durch Verkleinerung des Winkels den die Erdachse mit der Ebene der Erdbahn macht. Bis auf die Zeiten Julius Cäsars (708 Jahre nach Erbauung Roms) hatte man Jahre von 365 Tagen ohne Schaltjahre; man rückte daher alle Jahrhundert mit der Zeitrechnung um

mehr als 24 Tage gegen die Jahreszeiten zurück, und kam dadurch in eine solche Verwirrung, daß die gleichnahmigen Monathe beynahe alle Jahreszeiten durchlaufen waren, und daß man also von einer Begebenheit, die sich an einem bestimmten Monathstage vor einigen hundert Jahren zugetragen hatte, ohne weitläufige Rechnung nicht wußte, ob sie in den Sommer oder in den Winter gefallen war. Julius Cäsar schaltete daher, nach den Angaben des ägyptischen Astronomen Sosigenes, in das Jahr 708 nach Erbauung der Stadt Rom (oder 45 Jahre vor Christi Geburt) 80 Tage ein (daher heißt dieses als ein Jahr von 445 Tagen, bey den Chronologen das Jahr der Verwirrung), und bestimmte jedes vierte Jahr als ein Schaltjahr von 366 Tagen. Da nach dieser julianischen Kalenderverbesserung in jedem Schaltjahre 45 Minuten zu viel eingeschaltet wurden, so hatte man sich bis zum Jahre 1581 nach Christi Geburt in der bürgerlichen Zeitrechnung schon wieder um 10 Tage von dem Verlaufe des trop. Jahres entfernt. Papst Gregor XIII. ließ daher durch den Arzt und Mathematiker in Verona, Aloys Lilli, eine neue Verbesserung vornehmen, die darin bestand, daß man in dem Jahre 1581 zehn Tage wegließ, und das künftig nur immer das vierte Secularjahr ein Schaltjahr seyn sollte. Der Gregorianische Kalender wurde von den meisten katholischen Ländern sogleich im Jahre 1583, von den Protestanten später, (z. B. in England erst im Jahre 1752), angenommen: nur die Griechen, nahmentlich die Russen, behielten die julianische Zeitrechnung, oder den alten Styl. Im Jahre 1583 war dieser alte Styl hinter dem neuen um 10 Tage zurück, man hatte nähmlich nach dem alten Style den 1. Januar, wann man nach dem neuen Style bereits den 11. Januar zählte, und druckte dieß im Schreiben so aus $\frac{1}{11}$ Januar. Da seitdem die Jahre 1700 und 1800 nach der Julianischen Zeitrechnung Schaltjahre, nach der Gregorianischen Zeitrechnung aber gemeine Jahre waren, so vermehrte sich dieser Unterschied auf 12 Tage, d. h. wir haben nach dem neuen Styl den 13. Januar, wann nach dem alten Styl am 1. Januar das neue Jahr gefeyert wird, also $\frac{1}{13}$ Januar. $\frac{28.\ \text{Januar}}{9.\ \text{Februar}}$ heißt am 28. Januar nach dem alten, oder am 9. Februar nach dem neuen Styl.

Der Monath hat als eine Unterabtheilung des Jahres seinen Nahmen von dem Monde, durch dessen Bewegung um die Erde seine Dauer ursprünglich bestimmt wurde. Es gibt viererley Monathe. 1) Der tropische Monath, oder die Zeit, welche der Mond zu einem ganzen Umlaufe um die Erde, von einem Puncte der Erdbahn, z. B. von einem Durchschnittspuncte des Aequators mit der Ekliptik, bis wieder dahin zurück, braucht, hat 27 Tage, 7 St. 43 Minuten, 4,7 Sec. 2) Der siderische, periodische oder Sternenmo-

nath, die Zeit, welche der Mond zur Rückkehr zu denselben Sternen bedarf, hat 27 Tage, 7 Stunden 43 Minuten, 11,5 Sec. 3) Der synodische Monath, von einem Neumonde bis zum andern hat 29 Tage, 12 3/4 Stunden; 12 solche Monathe machen das um 11 (genau 10,8752) Tage kürzere bey den Israeliten gebräuchliche Mondjahr. 4) Der Sonnenmonath wird nicht vom Monde bestimmt, sondern von der Zeit, welche die Erde auf ihrem Laufe um die Sonne, im Durchschnitte in jedem Zeichen des Thierkreises verweilet: er hat als der zwölfte Theil des Jahres 30 Tage, 12 St. 29 Min. 4 Sec. Einige unterscheiden auch noch den Drachenmonath und den anomalistischen Monath.

Die Eintheilung der Zeit in Wochen von 7 Tagen ist so alt, daß man ihren Ursprung nicht kennet. Sie ist bey allen bekannten, orientalischen Völkern im Gebrauche. — In vielen Angaben ist der Unterschied zwischen laufender Zeit und verflossener Zeit nicht zu übersehen: es ist nicht einerley, ob eine Begebenheit im zwölften Jahrhunderte, oder zwölf hundert Jahre nach Chr. Geburt sich zugetragen hat, ob ein Mensch im zwanzigsten Lebensjahre oder 20 Jahre alt ist. Das Jahr 1800 gehörte noch zum 18ten Jahrhunderte; mit dem Neujahrstage 1801 fing das neunzehnte Jahrhundert an. Wir leben Alle im neunzehnten Jahrhunderte nach Christi Geburt, aber Wenige von uns werden 19 Jahrhunderte nach Christi Geburt noch leben.

Raummaß.

440. Eine als Einheit angenommene Ausdehnung, womit die Ausdehnungen der Körper verglichen werden, heißt ein Maß, d. h. ein Raummaß. An jedem körperlichen Raume, d. h. an jedem Körper, unterscheiden wir Ausdehnung in die Länge, in die Breite, und in die Höhe oder Tiefe; häufig braucht man aber bloß die Ausdehnung nach Einer oder zwey dieser Richtungen zu wissen. Wenn man den Raum bloß nach Einer jener Beziehungen mit gänzlicher Vernachlässigung der anderen zwey mißt, so geschieht dieß mit dem Längenmaße (eben so gut Breitenmaß oder Höhenmaß, besser Linienmaß): mit diesem bestimmen wir also die Entfernung zweyer Puncte, z. B. die Weite eines Weges, die Breite einer Gasse oder eines Flußes, die Höhe eines Thurmes oder Berges, die Tiefe eines Brunnen. Mißt man den Raum nach zwey jener Beziehungen, z. B. nach der Länge und Breite, Länge und Tiefe, oder Breite und Tiefe zugleich, so geschieht dieß mit dem Flächen- oder Quadrat-Maße: damit mißt man z. B. die Größe

eines Feldes, eines Sees, einer Wand, eines Spiegels u. dgl. Bestimmt man die Größe eines Raumes nach allen jenen drey Richtungen, so bedienet man sich des Kubik-Maßes: damit messen wir also eigentlich den Körperinhalt, z. B. die Größe eines Steines, den Inhalt eines Gefäßes u. dgl.

441. Als Einheit des Längenmaßes hat man fast in allen Ländern die Länge gewisser Theile des menschlichen Körpers, z. B. des Fußes (Fuß oder Schuh), des Armes (Elle), die möglichst größte Entfernung der Spitze des Zeigefingers von der Spitze des Daumens (Spanne) u. dgl. angenommen. Weil aber diese Theile nicht an allen Menschen gleich groß sind, und also gesetzlich eine gewisse Mittelgröße als Einheit bestimmt werden mußte, diese gesetzliche Bestimmung aber wieder ganz willkührlich war; so unterscheiden sich die Maße verschiedener Länder sehr auffallend. — Um Beständigkeit, und die sehr zu wünschende Einheit der Maße zu bezwecken, schlugen Einige (schon Huyghens) vor, das Raummaß auf das Zeitmaß zu gründen, und die Länge eines Secundenpendels (an einem Orte von einer gewissen Breite und Höhe) als Einheit gelten zu lassen. Dieser äußerst zweckmäßige Vorschlag wurde nicht angenommen. In Frankreich wurde später ein so genanntes natürliches Maß eingeführt, für dessen Einheit der zehnmillionste Theil des Erd-Meridian-Quadranten erklärt, und Meter genannt wurde. Diese Einheit wurde dann durch Vervielfältigung nach dem Decimal-Systeme vergrößert, oder nach eben diesem Systeme untergetheilt. Die Vervielfältigungen werden durch das Vorsetzen der griechischen, die Unterabtheilungen durch das Vorsetzen der lateinischen Decimal-Zahlwörter angedeutet: so bezeichnet Deca-metre einen zehnfachen, Hecto-metre einen hundertfachen, Kilo-metre einen tausendfachen, Myria-metre einen zehntausendfachen Metre; Decimetre, Centimetre, Millimetre hingegen bezeichnen den zehnten, hundertsten, tausendsten Theil eines Metres. Das natürliche Flächen- und Kubik-Maß läßt sich aus dem natürlichen Längenmaße ohne Anstand ableiten. — Man kann die in verschiedenen Ländern angenommenen Maße sehr leicht vergleichen, wenn man weiß, wie viel sie z. B. Millimeter des natürlichen Maßes enthalten. Folgende Tabellen liefern eine solche vergleichende Uebersicht.

Sie sind mit einigen Zusätzen, Veränderungen und Berichtigungen entlehnt aus Vega's sehr schätzbarem Werke, über das natür-

liche Maß-, Gewicht- und Münz-System. Wien bey Degen 1803. Steinhauser's Einwendungen gegen die Einheit der französischen natürlichen Maße, und seine Gründe für das einfache Secundenpendel, als Längeneinheit, findet man in Kastner's Gewerbsfreund 3, 137. — Die Haupteinwendung besteht darin, daß man die Länge des Erd-Meridian-Quadranten nicht genau kennt, indem jede Messung ein anderes Resultat gab; daher führt Olynth Gregory zwölf verschiedene Angaben der Länge des französischen Metre's bey französischen Physikern an. — Nach Borda hat das Pendel, welches auf dem Observatorium in Paris in Einem Tage 100000 Schwingungen macht, eine Länge von 0,741887 Metre. Nach den Versuchen des Capitän Kater ist das Pendel, welches zu London am Meeresspiegel im luftleeren Raume bey + 62° F. Secunden schlägt, 39,1393 engl. = 37,74 Wiener Zoll = 0,99414 Metre lang. H. Davy schlägt als natürliche Einheit des Längenmaßes den Durchmesser eines gläsernen Haarröhrchens, welches das Wasser gleich hoch mit seinem Durchmesser über die Libelle aufsaugt, Babinet die Länge einer Lichtwelle vor, derer ungefähr 2000 auf einen Metre gehen.

1. Gesetzmäßige Längenmaße in den k. k. Staaten.	Hält Millimeter.
1 Wiener Klafter von 6 Fuß	1896,614
1 » Fuß von 12 Zoll	316,1023
1 » Zoll von 12 Linien	26,34186
1 » Linie von 12 Puncten	2,195155
1 » Punct	0,18293
1 » Elle (= 2,465 Fuß = 29,6 Zoll)	779,9224

102764 Wiener Klafter sind 100000 Pariser Toisen gleich. Ein Meter ist gleich 0,527 Klafter 3,163523 Fuß, oder 3 Fuß 1 Zoll, 3 Linien Wiener Maß, oder 0,513 Toisen, oder 39,37079 engl. Zoll = 3,2808992 engl. Fuß. Ein Strich des Recrutenmaßes ist = 1/4 Zoll; Eine Faust des Pferdemaßes = 4 Zoll.

2. Ausländische Längenmaße, und einige im Inlande geduldete Provinzial-Längenmaße.

(F. bedeutet Fuß, E. Elle, gr. groß, kl. klein).

		Hält Millim.			Hält Millim.			Hält Millim.
Amsterdam	F.	383,1	Augsbg. gr.	E.	609,6	Bayern	E.	835,0
» »	E.	690,3	» » kl.	E.	592,4	Berlin	F	309,7
Augsburg	F.	296,2	Bayern	F.	291,9	» »	E.	666,8

	Hält Millim.
Bern F.	293,3
» E.	541,6
Prager F.	296,4
» E.	594,0
Brabanter E.	691,4
Breslau F.	284,2
» E.	575,9
Brüssel F.	291,0
» gr. E.	694,3
» kl. E.	684,4
Cöln F.	275,2
» gr. E.	649,8
» kl. E.	574,1
Türkische Pik.	669,1
» kl. Pik.	647,9
Dänemark F.	313,9
» » E.	627,7
Londoner F.	304,8
» » Zoll	25,4
» » Yard	914,4
» Fathom	1829
Florenz, Braccio da terra	550,6
da lana	582,1
Frankfurt F.	286,5
» » E.	539,6
Frankreich	
1 Toise	1949
1 Fuß v. 12 Zoll	324,8
1 Z. v. 12 L.	27,1
1 L. v. 10 Sc.	2,3

	Hält Millim.
Frankreich	
1 Scrupel	0,226
1 Elle	1188
Hamburg F.	286,5
» » E.	573
Hannover F.	292
» » E.	584
Crakau F.	356,4
» gr. E.	617
» kl. E.	565,3
Leipzig F.	282,7
» E.	565,3
Mailand Brac.	594,9
Neapel Palmo	264,2
» Canna von 4 Bracie	2113
Nürnberg F.	303,9
» Artill. Fuß	292,9
» Elle	659,6
Padua F.	356,6
Portugall F.	338,6
» » E.	2186
Rheinländer F.	313,9
Rom, Palmo bey der Architektur	223,3
» gleich 1/8 Canna	250,2
Rußland F.	538,2
» Arschine	711,5
» Werschok	44,4
Schlesien Klft.	1736

	Hält Millim.
Schlesien E.	579
Siebenb. E.	624
Schweden F.	296,9
» E.	593,7
Spanien F.	278,4
» E. (Varras)	835,9
Treviso F.	412,8
Triest Elle	
» zur Wolle	676
» zur Seide	642
Turin piede di liprando	513,7
» E	60,1
Tyrol F.	314,1
» E.	804,1
Udine F.	345,1
Ungern Ofner Elle	587,6
Preßburger E.	558,6
Nieder-Ungrische Berglachter	1964,8
Venedig F.	347,8
» Braccio da Seta	638,7
da lana	683,4
Verona F.	270,9
Vicenza F.	356,2
Warschau F.	356,4
» » E.	617
Zürch F.	300,9
» E.	601,9

Die Klausthaler-Berglachter ist um 1 Zoll, die Freyberger (in Sachsen) um 1 3/4 Z., die Idrianer und Joachimsthaler um 5/6 Z., die Ober-Harzer um 1 1/6 Z, die Pfälzische um 9 Z., die Preußische um 5 Z., die Schemnitzer um 4 5/6 Z., die Schwedische um 7 2/3 Z. länger als die Wiener Klafter.

3. Weg- oder Meilen-Maß.

402. Die zweyte Spalte der folgenden Tafel, welche die Anzahl der in der ersten Spalte genannten Meilen angibt, die auf

einen mittleren Meridiangrad gehen, ist aus Bode's Anleitung zur physikalischen, mathematischen, astronomischen Kenntniß der Erdkugel (Berlin 1811) entlehnt. Die übrigen Angaben sind darnach berechnet, indem der mittlere Grad, d. h. der 90ste Theil des nördlichen Erd-Meridian-Quadranten nach den neuesten Bestimmung = 57083 Toisen, = 58661 Wiener Klaftern, = 111111 Meter gesetzt wurde. Die letzte Spalte zeigt an, wie viel Quadrat-Meilen von dem entsprechenden Meilenmaße in der ersten Spalte 1000 geographische Quadrat-Meilen machen, oder man findet darin das verkehrte Verhältniß, in welchem die Größe der verschieden Quadrat-Meilen stehet, wenn jene der geographischen Quadrat-Meile zum Vergleichungspuncte angenommen, und = 1000 gesetzt wird.

Nahmen der Meilen.	Auf einen mittleren Meridiangrad gehen	Länge der Meilen in			1000 geogr. Quadr. Meilen machen von nebenstehendem Wegmaße Quadr. Meilen
		Meter.	Toisen	W. Klft.	
Arabische Meile . .	56,67	1961	1007	1062	14273
Armenische Farsang	25—	4444	2283	2346	2778
Persische detto	22,5	4938	2537	2607	2250
Böhmische Meile. .	16,12	6893	3541	3639	1155
Burgundische Meile .	19,7	5640	2897	2978	1725
Chinische Li . . .	193,42	575	295	303	166262
Dänische und Hamburger Meile . .	14,79	7506	3883	3963	972
Germanische Rasta .	25	4444	2283	2346	2778
Deutsche, geographische oder geometrische Meile . . .	15	7407	3806	3911	1000
Aegyptischer Schönus	18,9	5932	3020	3104	1588
Gallische Leuka .	50,4	2205	1133	1164	11280
Französische Lieue .	25	4444	2283	2346	2778
» » Seemeile	20	5556	2854	2933	1778
Alt-Brittische Meile	47,6	2334	1199	1232	10070
Neue englische Meile	69,12	1608	826	848,5	21234
Englische See-Meile	60	1852	951	978	16000
» » Leagues	20	5556	2854	2933	1778
Holländische Meile .	19	5848	3004	3087	1604
Indostanische Koß .	42,7	2602	1337	1374	8104

Nahmen der Meilen.	Auf einen mittleren Meridiangrad gehen	Länge der Meilen in Meter.	Toisen.	W.Klft.	1000 geogr. Quadr.Meilen machen von nebenstehendem Wegmaße Quadr.Meilen
Irländische Meile .	54,3	2046	1051	1080	13104
Italienische Meile .	60	1852	951	978	16000
Sabatherweg, Jüdische alte Meile	100,8	1102	566	582	45158
Lithauische Meile .	12,44	8932	4589	4716	688
Londoner Meile . .	73	1522	782	804	23684
Niederländische Seemeile	20	5556	2854	2933	1778
Pohlnische Meile .	20	5556	2854	2933	1778
Portugiesische Meile	18	6173	3171	3260	1440
Preußische Meile .	14,37	7732	3972	4090	918
Römische gewöhnliche von 8 Olympischen Stadien	75,5	1472	756	777	25334
Wersta, Ruff. M. (neue = 1500 Arschin)	104,3	1065	547	563	48349
Sächsische Polizey-Meile	12,29	9041	4645	4773	671
Schlesische Meile .	17,18	6467	3323	3414	1312
Schottländische Meile	49,85	2229	1145	1177	11045
Schwedische Meile .	10,41	10673	5483	5635	480
Schweizer Meile . .	13,3	8353	4292	4411	786
Siamische	29	3900	1968	2023	3738
Spanische oder Kastilische Meile . .	26,63	4172	2144	2203	3152
Stadien oder Feldweg, Griechisch Olympische . .	600	185	95	98	1600000
See-Stadien . . .	750	148	76	78	2500000
Stadien, Aegyptische	1125	99	51	52	5625000
Türkische See-Meile	86,4	1296	661	679	33178
„ Berri oder „ Agas . .	66,67	1677	860	884	19755
Ungrische Meile . .	13,33	8335	4282	4400	790
Oesterreichische Post-Meile	14,67	7586	3892	4000	956

4. Gesetzmäßiges Wiener Flächenmaß.

	Hält Quadrat-Millimeter.
1 Quadrat-Klafter	3597144,665
1 » » Fuß	99920,7
1 » » Zoll	693,8036
1 » » Linie	4,8187
1 Pariser-Quadrat-Fuß	104521
1 » » » Zoll	732
1 Englischer Quadrat-Fuß	92879
1 » » » » Zoll	645

1 Joch Feldmaß hält 1600 W. Quadrat-Klafter. 1 Are französisches Feldmaß von 100 Quadrat-Metres macht 27,8 W. oder 26,3 P. Quadrat-Klafter; 1 Hectare von 10000 Quadrat-Metres macht 2780 W. Q. Klafter = 1,7375 Joch. 1 engl. Acre = 1125 W. Q. Klft.

5. Gesetzmäßiges Wiener Kubik-Maß.

	Hält Kubik-Millim.
1 Wiener Kubik-Klafter	68223445717,6
1 » » Fuß	31574941
1 » » Zoll	18249
1 » » Linie	10,56
1 Pariser Kubik-Fuß	34264789
1 » » Zoll	19836,5
1 Englischer Kubik-Fuß	28298241
1 » » » Zoll	16381,32

1 *Stère* ist 1 Kubik-Meter = 0,146576 W. Kubik-Klaftern = 31,66 W. = 29,17 Pariser Kubik-Fuß. — 1 Rachel Holzmaß im Salzkammergute = 2 1/2 W. Klafter. Eine Währing Töpferthon = 480 W. K. Fuß. Ein Wiener Stoß Brennholz bedeutet 2 W. Klaftern von was immer für Scheiterlänge, ist also nur bey 3 F. langem Holze eine Kubik-Klafter. Ein Preußischer Haufen Brennholz = 486 Berliner K. Fuß = 463 Wiener Kubik-Fuß, = 4,3 W. Klaftern 3 Fuß langes Brennholz.

Hohlmaß.

443. Durch das Hohlmaß wird das Volumen flüssiger und auch einiger pulvriger oder feinkörniger, starrer Substanzen, z. B. des Mehles, Getreides u. dgl. bestimmt. Das Hohlmaß für Flüssigkeiten heißt gewöhnlich Getränkmaß, das für trockene Substanzen Fruchtmaß. Als Einheit des natürlichen Hohlmaßes sowohl für trockene als flüssige Substanzen hat man einen Würfel angenommen, wovon jede Seite einen Decimeter beträgt, und ihn Litre geheißen. Dieser wird wieder in Decilitre, Centilitre, Millilitre

herab getheilt, und in Decalitre, Hectolitre, Kilolitre (auch *Stère*) und Myrialitre hinauf vergrößert. Der Litre hält 54,70847 W. Kubik-Zoll oder 2,83 W. Seitel oder 1,78856 W. Pfund Wasser. — Folgende Tafeln drucken den Gehalt verschiedener im Inlande und Auslande gebräuchlicher Hohlmaße in kubirten Millimetern aus. Man erhält den Gehalt des entsprechenden Hohlmaßes in Litres, wenn man von der Rechten zur Linken der angegebenen Zahl von K. Millimetern 6 Ziffer als Decimalen abstreichet, z. B. 1 Metzen ist = 61499370 K. Millim., oder 61 Litres. 1 W. Eimer = 56,6 Litres.

10000 Metzen sind 19471 W. Kubik-Fuß gleich, und 1000 Eimer sind = 1792 W. Kubik-Fuß. 1 Vorderberger-Faß Kohlenmaß macht 4 Metzen = 7,79 Kubik-Fuß, das Innerberger-Faß Kohlen 5 Metzen = 9,74 K. Fuß: nach Anderen faßt das letztere nur 9,38 W. K. Fuß.

6. Gesetzmäßiges Wiener Hohlmaß.	Hält kubirte Millimeter.
1 Metzen Fruchtmaß von 8 Achteln (3364,59 W. K. Zoll)	61499370
1 Achtel von 4 großen Mäßeln	7687435
1 großes Mäßel von 2 kleinen Mäßeln	1921859
1 kleines Mäßel von 2 Bechern	960929,5
1 Becher	480464,7
1 Muth von 30 Metzen	1844984700
1 Eimer Getränkmaß von 40 Maß (3096,576 W. K. Z.)	56600630
1 Maß zu 4 Seitel (77,414 K. Zoll)	1415015
1 Seitel von 2 Pfiff (19,353 K. Zoll)	353754
1 Faß (in Steyermark Statin) von 10 Eimern .	566006300
1 Dreyling von 30 Eimern	1698018900
1 Kohlenstibich von 2 Metzen = 3,8942 K. Fuß . .	122998980
1 Kalkmittel von 2 1/2 Metzen = 2,92 K. Fuß . . .	153748725
7. In den Oesterreichischen Staaten geduldete Provinzial-Hohlmaße.	
(F. bedeutet Fruchtmaß, G. Getränkmaß).	
Böhmen. 1 Strich F. (=1,52 W. Metzen) von vier Vierteln oder 16 Mäßeln	93602240
— 1 Pinte G., wovon 128 ein Weinfaß von 4 Eimern machen	1911271
Mähren. 1 Metzen F.	70613700
— 1 Maß G.	1069752
Mailand. 1 Moggio à 8 Stagi F.	1462343
— 1 Brenta à 96 Boccali G.	755644
Schlesien. 1 Scheffel F.	76376220
— 1 Quart G.	701848

	Hält kubirte Millimeter
Triest. 1 Staro zu 3 Polonikl F.	74088770
— 1 Orno von 36 Bocali G.	65658450
Tyrol. 1 Starr F.	30577540
— 1 Maß G.	810804
Venedig. 1 Sacco F.	127460700
— 1 Bigoncia (4 auf eine Amphora) G.	158056300
Verona. 1 Minello F.	36875850
— 1 Brenta G.	72402800
1 Grätzer Viertel	79878640
1 Galizischer Corschez	122999000
1 Preßburger Metzen zu 64 ungr. Halbe	53306661
— 1 Pesther Metzen zu 96 Halbe	80003136
— 1 Banater Kübel	106689000
— 1 Nieder-Ungrischer Eimer	56918165
— 1 Ober-Ungrischer Eimer	75890586
— 1 detto in einigen Gegenden	67920000
1 Tokayer Antheil oder Antal	64423000
Siebenbürgen. 1 Kübel von 4 Viertel oder 64 Maß (Siebenbürger Eimer Maß) F.	69173550
— 1 Eimer zu 8 Maß oder 32 Seitel	11320000

8. Ausländische Hohlmaße.

Amsterdam. Der Sack zu 3 Scheepels, 12 Vierdevats, 96 Kops F.	81071300
— Der Ahm zu 4 Anker 8 Steckannen, 21 Viertel, 64 Stoppen, 128 Mingelen, 256 Pinten	152839400
Augsburg. Das Schaff von 4 Metzen, 32 Vierling, 128 Viertel, 512 Mäßle F.	205266900
— Das Fuder von 8 Jez, 16 Muids, 768 Maß, 1536 Seidle G. 1 Maß	1428219
Bayern. 1 Schaff von 6 Metzen F.	222841600
— 1 Maß, wovon 60 einen Eimer machen	617132
Berlin. Ein Winspel, wovon 4 eine Last machen, hat 2 Malter, 24 Scheffel, 96 Viertel, 384 Metzen, 1536 Mäßchen F. 1 Scheffel	54381440
— Das Fuder hat 4 Oxhoft, 6 Ohm, 12 Eimer, 24 Anker, 768 (die Tonne 100) Quart G. 1 Quart	1150310
Bern. 1 Mütt von 48 Immi, 96 Achterli	158383600
— Das Landfaß hat 1 ½ gemeine Faß, 6 Saum, 24 Eimer, 600 Maß oder Pinten G. 1 Pinte	1649726
Breslau. 1 Malter von 12 Scheffel, 48 Viertel, 192 Metzen, 768 Mäßeln F. 1 Scheffel	69903410

	Hält kubirte Millimeter.
Breslau. 1 Eimer hat 20 Topf, 80 Quart, 320 Quartierlein G. 1 Quart	694273
Cöln. 1 Malter, wovon 20 eine Last machen F.	162102900
— 1 Ahm hat 26 Viertel, 104 Maß G. 1 Maß	1497647
Constantinopel. Der Fortin F.	35110630
— Die Maß Alma G.	5236805
Dänemark. Die Kornlast hat 22 Tonnen, die Tonne 8 Scheffel, der Scheffel 4 Viertel. 1 Tonne .	139112500
— Das Fuder hat 6 Ahm, 24 Anker, 240 Stübchen, 465 Kannen, 930 Pott, 3720 Päle G. 1 Pott	966032
England. Die Last hat 2 Weys, 10 Quarters, 20 Combs, 40 Strickes, 80 Bushels F. 1 Bushel	35725320
— Die Tun Wein hat 2 Pipes, 4 Hogsheads, 8 Barels, 252 Gallons, 504 Bottles, 2016 Pintes G. 1 Wein-Gallon (von 232 engl. Kubik-Zoll)	3788751
— Die Tun Bier zu 2 Pipes, 4 Hogsheads, 6 Barels, 216 Gallons, 432 Bottles, 864 Quarts, 1728 Pintes G. 1 Gallon Bier oder Korn von 2773 engl. K. Zoll, nicht ganz 13 W. Seitel .	4542550
Florenz. Der Sacco hat 3 Staga, 12 Quarti F. 1 Staga	23684690
— 1 Barillo da Vino von 20 Fiaschi, 40 Boccali, 80 Mezzetas	45584041
— 1 Barillo da olio à 16 Fiaschi	33428908
Frankfurt am Main. 1 Malter von 4 Simmer, 8 Metzen, 16 Sechter, 64 Gescheid F. . .	107989200
— 1 Stück Wein von 1 1/4 Fuder, 7 1/2 Ohm, 150 Viertel, 600 Maß	147503400
Frankreich. Der Muit hat 12 Setier, 24 Mines, 48 Minots, 144 Boisseaux, 2304 Litrons F. 1 Boisseau	12695290
— 1 Muid von 2 Feuilletes, 3 Tierçons, 4 Quartons, 36 Veltes, 228 Pintes G.	281379100
— 1 Quart oder Pot von 2 Pintes, 4 Setiers, 8 Chopines, 16 Possons, 64 Roquilles . . .	1904294
Hamburg. 1 Faß von 2 Himmt, 8 Spint, 32 großen, 64 kleinen Maß F.	105370900
— Das Fuder hat 6 Ahm, 30 Eimer, 480 Kannen, 960 Quartier G. 1 Quartier . . .	905035

	Hält kubirte Millimeter.
Hannover. Die Last hat 2 Wispel, 96 Himten F. 1 Himte	31103450
— 1 Fuder hat 4 Orhoft, 6 Ahm, 15 Eimer, 480 Maß, 960 Quartier G. 1 Quartier	971983
Leipzig und Dresden. Der Wispel hat 2 Malter, 24 Scheffel, 96 Viertel F. 1 Scheffel	106680100
— Das Fuder hat 2 2/5 Faß, 12 Eimer, 256 Kannen G. 1 Kanne	1204069
Neapel. 1 Carro hat 36 Tomoli F. 1 Tomolo = 2550 P. K. Z.	51158020
Nürnberg. 1 Metzen, wovon 16 einen Simmer machen, F.	20175390
— Das Fuder hat 12 Eimer, 384 Viertel, 768 Maß G. 1 Maß	989339,5
Portugal. Der Moyo hat 15 Fanegas, 900 Alqueires F. 1 Alqueir	13508570
— 1 Tonelada hat 2 Pipas, 52 Almudas, 104 Alqueires, 624 Canhados G. 1 Canhado	1395159
Rom. 1 Robbio von 22 Scorzi F.	267235700
— 1 Barille von 4 1/2 Rubbi, 32 Boccali, 128 Foglietti, 412 Cartocci G.	45514590
Rußland. 1 Tschetwèrt F.	192185531
— 1 Wedro G.	12695272
Schweden. 1 Tonne von 2 Span, 8 Viertel, 32 Kappor F.	146511500
— Das Fuder hat 2 Pippen, 4 Orhoft, 6 Ahm, 12 Eimer, 360 Kannen G. 1 Kanne	2618402
Spanien. 1 Kastilianischer Cahiz von 12 Fanegas, 144 Celemines F.	57148630
— 1 Kastilianischer Cantaro von 8 Aciembres G.	15750090
Turin. 1 Sacco von 3 Staja, 6 Mine F.	114951800
Warschau. 1 Korczez, wovon 60 eine Last machen, F.	51138200
— 1 Weingarniec von 4 Quart	1596826
Zürch. 1 Mütt von 4 Viertel, 16 Vierling, 64 Mäßli F.	82717740
— 1 Maß G.	18249470

Ein engl. Gallon Wasser wiegt unter den gewöhnlichen Umständen 10 Pf. *Avoir du Poid* = 8,1 W. Pf. Ein engl. K. Zoll destillirtes Wasser wiegt im leeren Raume bey + 62° F. 252,72 engl. Grain = 224,52 W. Gran = 8,1 W. Pf.

Gewichte.

444. Die allgemeinen Begriffe über Gewichte und Wagen sind bereits (§. 45) vorausgeschickt worden. — Als Einheit des natürlichen absoluten Gewichtes hat man unter dem Nahmen Gramme (= 13,7 W. Gran) das wirkliche Gewicht desjenigen reinen Wassers gewählt, welches im Zustande seiner größten Dichtigkeit in einem hohlen Würfel, wovon jede Seite einen Centimeter beträgt, enthalten ist. Der zehnte, hundertste, tausendste Theil eines Grammes heißt wieder Decigramme, Centigramme, Milligramme; zehn Gramme hingegen Decagramme, hundert Gramme Hectogramme, tausend Gramme Kilogramme (= 57,14 W. Loth = 1,785 W. Pf.), zehntausend Gramme Myriagramme. Dem Decimal-Systeme ist vorzüglich die große Schwierigkeit der Verfertigung genauer Gewichte entgegen. — Die Gewichte sind in verschiedenen Ländern eben so verschieden als die Maße. Man kann aber durch eine einfache Regel de tri ein Gewicht oder seine Einheiten leicht in Einheiten eines andern Gewichtes verwandeln, wenn man den Werth eines jeden in Milligrammen des natürlichen Gewichtes ausgedruckt kennet.

8. In den österreichischen Staaten gibt es 11 verschiedene, gesetzmäßig bestimmte Gewichtsorten:

a) Valvationsgewicht zur Regulirung der übrigen Gewichte.	Wiegt Milligramme.
1 Wiener Mark, wovon 5 Mark genau 6 kölnischen Mark gleich sind, wird durch Halbirungen in 65536 Richtpfennige zertheilet	280644
1 Wiener Richtpfennig	4,28229
b) Münz- und Silberwaarengewicht.	
1 Mark von 16 Loth	280644
1 Loth von 4 Quentchen	17540
1 Quentchen von 4 Pfennigen	4385
1 Pfennig	1096
c) Handelsgewicht.	
1 Zentner von 100 Pfund	56001200
1 Pfund von 32 Loth (um 298 Wiener Richtpfennige geringer als 2 Mark)	560012
1 Loth von 4 Quentchen	17500

	Wiegt Milligramme.
1 Quentchen von 4 Sechszehnteln	4375
1 Gramme oder 1 Sechszehntel = 13,7 W. Gran	1094
d) Apotheken- oder Medicamenten-Gewicht.	
1 Pfund von 12 Unzen (24 Loth Handelsgewicht)	420009
1 Unze von 8 Drachmen	35000,8
1 Drachme von 3 Scrupeln	4375
1 Scrupel von 20 Gran	1458
1 Gran	72,9
e) Goldwaaren- oder Ducatengewicht.	
1 Ducaten, wovon 80 ⅖ eine Wiener Mark und 5 Stück 1 Loth W. Handelsgewicht wiegen, ist in 60 Grane zertheilt	3490,593
1 Ducatengran	58,17663
1 Piset des in Siebenbürgen für das Waschgold bestimmten Gewichtes	5207,251
f) Juwelengewicht.	
1 Karat von 4 Gran	206,0851
1 Juwelengran	51,52128

Beym Gold- und Silberprobiren nimmt man 1 Pfennig der W. Mark (= 1096,266 Milligr.) als eine verjüngte Mark an, und theilet diese beym Golde in 24 Karat oder (der Karat zu 12 Gran) in 288 Grän, beym Silber in 16 verjüngte Loth, oder (das Loth zu 16 Grän) in 288 Grän ein. Beym Probiren der Erze nimmt man 1 Quentchen der W. Mark als einen verjüngten Bergzentner an, theilet diesen in 100 Pfund à 32 Loth, jedes Loth à 16 Denar. Das Pfund des Chocolategewichtes hält nur 28 Loth; das Pfund des Tabakgewichtes nur 30 Loth.

9. Ausländische und einige im Inlande geduldete Gewichte.	Wiegt Milligramme.
Amsterdam. 1 Pf. von 16 Unzen Handelsgewicht	493926,2
— und Brüssel von 16 Unzen Troysgewicht	492004,4
— 1 Apothekerpfund von 12 Unzen Troysgewicht	369003,3
— 1 Mark Münzgewicht von 8 Unzen Troysgewicht, wovon die Unze in 20 Engels von 32 Asen zertheilet wird	246002,2
— 1 Ase des Troysgewichtes	48,0473

	Wiegt Milligramme.
Augsburg. 1 Pf. H. G. schweres von 32 Loth	491043,5
— 1 Pf. H. G. leichtes von 32 Loth	472593,2
— Mark Münzgewicht von 16 Loth	236008,4
Bayern. 1 Pf. altes H. G. von 32 Loth	561288
— 1 Pf. des 1811 neu regulirten Handels G.	560012
— Detto 1 Pfund des 1811 neu regulirten Apothekergewichts à 12 Unzen	360000
Berlin. 1 Pf. H. G. von 32 Loth	468461,2
— 1 Mark Münz-Gewicht von 16 Loth	233870
Bern. 1 Pf. Apoth. G. von 12 Unzen	356655,2
Böhmen. 1 Prager Pf. H. G. von 32 Loth	514346,5
Breslau. 1 Pf. H. G. von 32 Loth	405231
— 1 Mark Münz-Gewicht von 16 Loth	202615,5
Cölln. 1 Pf. H. G. von 32 Loth	467740,1
— 1 Mark Münz-Gewicht von 16 Loth	233870
— 1 Richtpfennig davon	3,568574
Constantinopel. 1 Oka zu 4 Cheky, 400 Drammen, 6400 Kara, 25600 Grani	1275656
Dänemark. 1 Pf. H. G. von 32 Loth	499547,7
— 1 Mark Münz-Gewicht von 8 Unzen	235768,2
Deutschland. 1 Apoth. Pf. = 1 1/2 Nürnberger Mark	357663,9
— 1 Unze Apoth. G. von 8 Drachmen	29805,33
— 1 Drachme von 3 Scrupeln	3725,662
— 1 Scrupel von 20 Gran	1241,889
— 1 Gran	62,09444
England. 1 Pf. König-Gewicht 1 1/2 Avoir du poids	680421,9
— 1 Pf. Avoir du poids H. G. (wovon 2240 = 1814 W. Pfund auf 1 Tun oder Tonne gehen) von 16 Unzen	453614,6
— 1 Pf. Troy-Münz- u. Apoth. G. von 12 Unz.	373135,3
— 1 Unze Apoth. G. von 8 Drachmen, 24 Scrupeln, 480 Gran	3109461
Frankfurt. 1 Pf. Zentner-G. von 32 Loth	509061,1
— 1 Pf. Handels-G. von 32 Loth	467019,8
Frankreich. 1 Pf. H. u. Apoth. G. von 16 Unz.	489506,2
— 1 Mark Münz-G. von 8 Unzen	244753,1
— 1 Unze von 8 Gros	30594,14
— 1 Gros von 72 Grains	3824,254
— 1 Grain	53,11478

	Wiegt Milligramme
Genua. 1 Pf. leichtes G. von 12 Unzen . . .	317112,2
Hamburg. 1 Pf. H. G. von 32 Loth	484316,8
Hannover. 1 Pf. H. G. von 32 Loth	486671,1
— 1 Pf. Apoth. G. von 12 Unzen	364919,3
Krakau. 1 Pf. H. G. von 32 Loth	404846,7
— 1 Mark Münz. G. von 16 Loth	198819,7
Neapel. 1 Pf. von 12 Unzen = 9/25 Rotolo . .	320811,8
Nürnberg. 1 Pf. H. G. von 32 Loth	509781,8
— 1 Mark Münz-G. von 8 Unzen	238442,6
Portugal. 1 Pf. von 2 Mark zu 8 Unzen . . .	458947,7
Rom. 1 Pf. von 12 Unzen	339214
Rußland. 1 Pf. H. G. von 32 Loth	408978,6
— 1 Pud von 40 ruff. Pfund = 25,64 W. Pf. .	16359144
Sachsen. 1 Pf. H. G. von 32 Loth	466827,5
— 1 Mark Münz-G. von 16 Loth	233461,8
Schlesien, österr. 1 Pf. von 32 Loth . . .	529838,5
Schweden. 1 Pf. Victualien-G. von 32 Loth .	425122,5
— 1 Mark Berggewicht von 32 Loth	375826
— 1 Pf. Apoth. G. von 12 Unzen	356318,7
— 1 Mark Münz-G. von 16 Loth	210639,4
Spanien. 1 Pf. H. G. von 16 Unzen	460293,1
— 1 Pf. Apoth. G. von 12 Unzen.	345027,6
— 1 Mark Münz-G. von 8 Unzen	230434,9
Turin. 1 Pf. H. G. von 12 Unzen	369003,3
— 1 Pf. Apoth. G. von 12 Unzen	307502,2
— 1 Mark Münz-G. von 8 Unzen	246002,2
Tyrol. 1 Pf. H. G. von 32 Loth	562922,3
Ungern und Siebenbürgen. 1 Oka	1275656
— 1 Ofner Pf. H. G.	491466
— 1 Preßburger Pf. H. G.	558107
Venedig. 1 Libra grossa von 2 Mark	477494
— 1 Pf. von 12 Unzen des Mark-G.	358096,5
— 1 Libra sotile des Apoth. G. von 12 Unzen .	302025,3
— 1 Pf. Peso grosse von 12 Unzen	468172,9
— 1 Mark Münz-G. von 8 Unzen	238747
Zürch. 1 Pf. leichtes G. von 2 Mark	468605,3

Unzen und Grane des Apotheker-Gewichtes.

	Wiegt Milligramme: die Unze.	Wiegt Milligramme: der Gran.
In Venedig	25169,18	52,43580
» Piemont	2 624,92	53,38525
» Genua	26425,57	55,05327
» Neapel	26734,01	55,69587
» Portugal	26860,89	55,96011
» Rom	28267,48	58,89061
» Spanien	28752,59	59,90081
» Schweden	29693,76	61,86200
» Bern	29721,47	61,91974
» Deutschland	29805,33	62,09444
» Hannover	30409,82	63,35380
» Frankreich (die Unze hält 576 Gran)	30594,28	53,11478
» Holland	30750,35	64,06321
» England	31094,52	64,78027
» Oesterreich (die Unze hält 480 Gran)	35000,75	72,91823

Wagen.

445. Als Vorrichtungen zur Bestimmung des Gewichtes bedienet man sich entweder der gleicharmigen Hebelwage (Schalen- oder Krämerwage), oder der ungleicharmigen Hebelwage (Schnellwage), oder der Stahlfederwage (Sackwage). Eine Abart der letzteren ist der Kraftmesser, Dynamometer. Wo es auf Genauigkeit ankommt, bedienet man sich durchaus der ersten.

In den neuesten Zeiten sind auch hydrostatische Wagen zur Bestimmung des absoluten Gewichtes der Körper (vorzüglich sehr großer Lasten) vorgeschlagen worden; nähmlich hohle, auf Wasser schwimmende Kasten, die durch den Grad des Eintauchens (§. 81) das Gewicht des darauf befindlichen Körpers, z. B. eines geladenen Heu- oder Lastwagens angeben. Daß man das Gewicht eines Körpers nur durch Wägen im luftleeren Raume, oder in einer Luft von bekannter Dichtigkeit mit der strengsten Genauigkeit bestimmen kann, ist bereits mehrmahls bemerkt worden. In dem letzten Falle muß man das Gewicht eines Luft-Volumens, welches dem Ueberschuße der Ausdehnung des zu wägenden Körpers über jene der als Gewichte gebrauchten Substanz gleich ist, zu dem in der Luft gefundenen Gewichte des Körpers hinzu zählen.

446. Die Bestandtheile einer gleicharmigen Hebelwage sind:

der Wagebalken, der Zapfen, die Scheere (Unterlage), die Zunge, die Schalen. Der Wagebalken muß gleichlange Arme haben, denn sonst würde ein Gewicht am kürzeren Arme einem gleichen Gewichte am längeren Arme nicht das Gleichgewicht halten. Dann muß er so stark seyn, daß er durch das größte Gewicht, womit die Wage belastet werden soll, nicht gebogen werden kann, weil durch das Biegen der Abstand vom Ruhepuncte verändert wird, und die Wage dadurch aufhöret gleicharmig zu seyn. Zur Verminderung der Reibung werden die Zapfen dort, wo sie auf der Scheere ruhen, zugeschärft. Der Ruhepunct des Wagebalkens darf mit dessen Schwerpuncte nicht zusammen treffen, sonst würde sich der Wagebalken bey dem geringsten Uebergewichte auf der einen Seite ganz senkrecht stellen; noch viel weniger darf der Schwerpunct über dem Ruhepuncte liegen, sonst würde sich der Wagebalken im oben genannten Falle ganz umdrehen: sondern der Schwerpunct muß etwas unter dem Ruhepuncte zu liegen kommen, doch nicht zu tief, damit die Wage den nothwendigen Grad von Empfindlichkeit behalte (§. 98). Die Scheere enthält die harte Unterlage und den Aufhängepunct der Wage, und meistens auch das Absehen. Die Zunge steht senkrecht auf der Mitte des Wagebalkens, und gibt durch ihr Zusammentreffen mit dem Absehen die genau horizontale Lage des Wagebalkens an. Das Absehen ist auch öfters seitwärts angebracht; dann bedarf die Wage keiner Zunge. — Die Empfindlichkeit einer Wage wird geschätzet nach dem Bruchtheile ihrer vollen Belastung, der sie aus dem Gleichgewichte zu bringen im Stande ist. Eine Zentnerwage also, die, wenn sie auf beyden Seiten mit einem Zentner beschweret ist, durch ein Loth aus dem Gleichgewichte gebracht wird, schlägt den 3200sten Theil des auf ihr lastenden Gewichts aus, und ist folglich eben so empfindlich als eine Wage, deren größte Beschwerung 3200 Gran ist, und welche durch Einen Gran aus dem Gleichgewichte gebracht wird; oder als eine für 100 Gran bestimmte Wage, die $1/32$ Gran ausschlägt.

Um dem Wagebalken die nothwendige Festigkeit und Unbiegsamkeit zu geben, ohne ihn zu schwer zu machen, arbeitet man ihn hohl oder durchbrochen. Um das Magnetischwerden der Wagebalken zu verhüthen, fängt man an, sie lieber aus einem anderen Metalle, als aus Eisen oder Stahle zu verfertigen. Ramsden's berühmte Wage auf 10 Pfund Belastung schlug noch den 10millionsten Theil der letzteren

(also 0,006 engl. Gran), und Fortin's Wage auf 2 Pfund für die Pariser Commission zur Bestimmung der neuen Maß- und Gewichtseinheiten noch $1/_{50}$ Gran aus. Eine Wage, welche 2 Pfund zieht, soll wenigstens noch $1/_2$ Gran angeben. Eine Wage soll nie über die höchste Belastung, für die sie bestimmt ist, beschweret werden: so sind z. B. einer Probirwage höchstens 200 Gran aufzulegen. Zu genauen Untersuchungen soll man sich jedes Mahl vorher von der Richtigkeit und Empfindlichkeit der Wage überzeugen. Man kann mit einer fehlerhaften Wage, wenn sie nur empfindlich genug ist, richtig wägen, wenn man zuerst auf einer Wagschale wägt, dann den zu wägenden Körper mit den Gewichten wechselt, den ersten also auf der andern Wagschale wägt, und aus beyden Resultaten das Mittel nimmt.

447. Gibt man einer guten Schalwage eine solche Einrichtung, daß man damit Körper eben so gut in der Luft als in einer tropfbaren Flüssigkeit, z. B. in Wasser, wägen kann, so hat man eine hydrostatische Wage (Fig. 216), deren man sich vorzüglich zur Bestimmung des specifischen Gewichtes bedienet. Diese Einrichtung erhält sie dadurch, daß man statt der einen gewöhnlich in ziemlich langen Schnüren hängenden Wagschale, eine ganz kurz hängende, unten mit einem Haken c versehene Wagschale anbringt. An diesem Haken c hängt dann mittelst eines Platindrahtes e ein gläsernes Eimerchen f, welches man nun in jede tropfbare Flüssigkeit eintauchen lassen kann, und welches dazu bestimmt ist, den in der oberen Schale, also in der Luft gewogenen Körper aufzunehmen, wenn er in einer tropfbaren Flüssigkeit, gewöhnlich im Wasser, gewogen werden soll.

Von dem specifischen Gewichte.

448. Als Einheit des specifischen Gewichtes, womit man das aller andern Körper vergleichet, hat man das sp. Gewicht des reinen Wassers bey einer bestimmten T. angenommen, und dieses, damit man eben so bequem hinauf als, ohne in die Brüche zu kommen, herab zählen könne, mit der Zahl 1,000 ausgedruckt.

Um jedoch anzudeuten, daß dieß 1,000 eigentlich die Stelle der Einheit vertrete, werden die Nullen durch einen Strich von der Einheit abgesondert, und so wie Decimal-Zahlen geschrieben, doch so wie ganze Zahlen ausgesprochen. Wenn das sp. Gewicht des Wassers nicht genannt ist, so wird es immer = 1 mit eben so viel Nullen, als in der das sp. Gewicht des Körpers ausdrückenden Zahl Decimal-Stellen vorhanden sind, verstanden. Z. B. wenn es heißt, das sp. G.

wicht der atm. L. sey 0,0019, so ist jenes des Wassers als 1,0000 angenommen, und wenn das sp. Gewicht des Zirkons mit 4,7 angegeben ist, so wird das sp. Gewicht des Wassers mit 1,0 ausgedruckt verstanden. — Es wäre ohne Zweifel am besten, das Wasser im Zustande seiner größten Dichtigkeit (§. 289*) als Vergleichungspunct für das sp. Gewicht aller übrigen Körper anzunehmen, und die im Wasser von einer anderen T. gefundenen sp. Gewichte jedes Mahl auf jenen Normal-Zustand des Wassers zu reduciren, welches nach der Tafel, S. 428, sehr leicht geschehen kann. — Bey Gasarten wird statt des sp. Gewichtes des Wassers meistens jenes der atm. L. als Einheit oder als Vergleichungspunct angenommen.

449. Wenn man das sp. Gewicht eines Körpers bestimmen will, so muß man finden, wie sich sein sp. Gewicht zu jenem des Wassers verhält. — Da sich nun das sp. Gewicht zweyer Körper von gleichem Volumen gerade wie ihr absolutes Gewicht verhält: so darf man nur das absolute Gewicht eines gleichen Umfanges des Wassers und des zu untersuchenden Körpers wissen, um auch das Verhältniß ihres sp. Gewichtes zu kennen. Will man nun das sp. Gewicht des letzteren, gegen das Wasser = 1000 gesetzt, erfahren; so machet man die einfache Regel de tri: wie sich das absolute Gewicht einer gewissen Ausdehnung des Wassers zu dem absoluten Gewichte der gleichen Ausdehnung des zu untersuchenden Körpers verhält, so verhält sich 1000 zu x, d. h. zu dem sp. Gewichte dieses Körpers.

Ein Kubik-Zoll Wasser wiege 250 Gran, ein Kubik-Zoll Gold 4839 Gran: so macht man die Proportion:

$250 : 4839 = 1{,}000 : x.$

$4839 \times 1000 = 4839000 : 250 = 19{,}356;$

19356 ist also das sp. Gewicht des Goldes; oder das Gold ist mehr als 19 Mahl so schwer, als das Wasser unter gleicher Ausdehnung.

450. Das Volumen unregelmäßiger Körper läßt sich mit dem Maßstabe sehr schwer oder gar nicht so genau bestimmen, als es nothwendig ist, um sein Gewicht mit dem Gewichte eines gleichen Volumens Wasser vergleichen zu können. Man suchet also das absolute Gewicht gleicher Volumen des zu untersuchenden Körpers und des Wassers auf anderen mittelbaren Wegen, welche nach der Form der Körper verschieden sind, und worauf sich die verschiedenen Methoden, das spec. Gewicht der Körper zu bestimmen, gründen.

1. Methode, das specifische Gewicht von Gasarten zu bestimmen.

451. Man mache einen gläsernen Ballon so viel als möglich luftleer, und wäge ihn in diesem Zustande genau. Dann fülle man ihn mit reinem Wasser von bekannter T., wäge ihn abermahls, ziehe von dem jetzigen Gewichte das vorige ab, so hat man das absolute Gewicht einer Ausdehnung Wassers, die dem Inhalte des Ballons gleich ist. Das Gewicht des luftleeren Ballons und das Gewicht des Wassers merke man sich für immer, am besten mit Diamant, auf dem Ballone selbst, an. Nun fülle man den Ballon mit der zu untersuchenden Gasart von bestimmter Spannung und T., wäge ihn, ziehe von diesem Gewichte jenes des luftleeren Ballons ab, so bleibt das absolute Gewicht eines Volumens der Gasart übrig, welches dem Inhalte des Ballons gleich ist. Man hat also das absolute Gewicht einer gleichen Ausdehnung des Wassers und der Gasart, und also nur noch das Verhältniß des sp. Gewichtes der Gasart zu jenem des Wassers = 1,000 nach obiger Regel de tri zu berechnen.

Der luftleere Ballon wiege 10000 Gran; mit Wasser gefüllt 104720 Gran; mit Lebensluft gefüllt 10128 Gran: so ist 104720 — 10000 = 94720 das absolute Gewicht des Wassers; 10128 — 10000 = 128 das abs. Gewicht der Lebensluft: folglich 94720 : 128 = 1000 : 1 351/1000; oder wenn das sp. Gewicht des Wassers = 1,000000 gesetzt wird, so ist jenes der Lebensluft 1351, oder 0,001351. — Das sp. Gewicht von Dämpfen läßt sich wegen der Unbeständigkeit ihrer Luftgestalt nur schwer bestimmen: man schätzet dasselbe durch Vergleichung ihrer Volumen im gasförmigen Zustande mit ihren Volumen nach dem Uebergange in tropfbaren Zustand. Wenn z. B. nach Gay-Lussac's Versuchen die Wasserdämpfe, welche ein Gefäß von 1696 Kubik-Linien ganz anfüllen, beym Erkalten nur Eine Kubik-Linie Wasser von der größten Dichtigkeit geben: so ist, da sich bey gleichem absol. Gewichte die sp. Gewichte umgekehrt wie die Ausdehnungen verhalten, Wasserdampf 1696 Mahl leichter als Wasser, oder sein sp. Gewicht verhält sich zum sp. Gewichte des Wassers wie 1 : 1696, oder wie 0,0006 : 1,0000 — Bey der Behandlung von Gasarten hat man vorzüglich auf die Temperatur Rücksicht zu nehmen (*Biot traité de phys. I.* 221, 347).

2. Methoden, das spec. Gewicht tropfbarer Körper zu nehmen.

452. Bey tropfbaren Körpern erhält man gleiche Volumen entweder auf unmittelbarem oder auf mittelbarem Wege.

a. Gleiche Volumen unmittelbar verglichen.

Man bringe ein leeres Fläschchen mit eingeriebenem Stöpsel auf der Wage ins Gleichgewicht. Dann fülle man das Fläschchen mit reinem Wasser und wäge dieses Wasser. (Die Tara des Fläschchens und das absolute Gewicht des Wassers schreibet man sich für alle künftigen Fälle mit Diamant ans Fläschchen selbst). Darauf leere man das Wasser aus, trockne das Fläschchen und wäge es mit der zu untersuchenden Flüssigkeit. Und nun heißt es: wie sich verhält das Gewicht des Wassers zu jenem der zu untersuchenden Flüssigkeit, so verhält sich 1000 zu dem specifischen Gewichte des letzteren.

Das Wasser, womit das Fläschchen gefüllt ist, wiege 516 Gran. Die Salzsäure, womit das Fläschchen gefüllt wird, wiege 616 Gran. $516 : 616 = 1000 : x$. Also $616 \times 1000 = 616000 : 516 = 1{,}193$ das specifische Gewicht dieser Salzsäure. — Herr Prof. Meißner hat diese Methode verbessert, und sie unter andern durch Verfertigung von eigenen Gewichten für jedes Fläschchen, viel bequemer gemacht. Das größte dieser Gewichte, mit 1,000 bezeichnet, ist dem Gewichte des Wassers, welches das Fläschchen faßt, gleich. Dieses ist dann weiter nach dem Decimal-Systeme bis auf 0,001 untergetheilt, so daß das auf der Wagschale liegende Gewicht schon das sp. Gewicht der gewogenen Flüssigkeit gibt, und also alles Rechnens überhebt. Hat man ein Fläschchen, welches gerade 1000 Gran Wasser fasset, so findet man beym Wägen mit dem gewöhnlichen Grangewichte dieselben Vortheile.

b. Gleiche Volumen mittelbar verglichen.

Nach §. 83 verliert ein starrer Körper in einem flüssigen um so mehr von seinem Gewichte, je größer das sp. Gewicht der Flüssigkeit ist, weil er immer so viel verliert, als die Flüssigkeit unter gleicher Ausdehnung wiegt. Wird also ein starrer Körper zuerst in der Luft gewogen, so erhält man (mit der Einschränkung nach §. 445*) sein absolutes Gewicht; wird er darauf in Wasser gewogen, so wiegt er weniger, und sein Gewichtsverlust ist das absolute Gewicht einer gleichen Ausdehnung des Wassers. Wägt man ihn dann, statt im Wasser, in einer andern mehr oder weniger dichten Flüssigkeit, so wird er mehr oder weniger von seinem Gewichte verlieren; und der jedesmahlige Gewichtsverlust ist das Gewicht einer gleichen Ausdehnung der zu untersuchenden Flüssigkeit, in welcher er gewogen wird. Man hat also wieder das absolute Gewicht einer

gleichen Ausdehnung des Wassers und der zu untersuchenden Substanz; folglich heißt es: wie sich der Gewichtsverlust im Wasser zum Gewichtsverluste in der andern Flüssigkeit verhält, so verhält sich 1000 zu dem sp. Gewichte der letzteren. — Zu diesem Ende bedienet man sich eines an einem feinen Platindrahte (oder in dessen Ermangelung einem Pferdehaare) hängenden Glastropfens, weil dieser von den wenigsten Flüssigkeiten angegriffen wird, bringt ihn an der hydrostatischen Wage ins Gleichgewicht, wägt ihn zuerst im Wasser, dann in der zu untersuchenden Flüssigkeit, und bemerkt den jedesmahligen Gewichtsverlust.

Der Glastropfen verliere im Wasser . . . . . . 735 Gran;
in einer Salzlauge . . . . 774 »
so ist das sp. Gewicht der Salzlauge $733 : 774 = 1000 : x = 76400 : 735 = 1{,}053$.

Das sp. Gewicht von Quecksilber kann man auf diese Weise nicht finden, weil Glas darin nicht untertaucht und das darin zwar untertauchende Gold und Platin davon angegriffen werden. — Nur durch den Gewichtsverlust, welchen ein 560 P. Kubik-Zoll haltender Cylinder von Messingblech beym Wägen im Wasser von + 3,2° R. erlitt, war es dem Mitgliede der Pariser Commission zur Bestimmung der neuen Maß- und Gewichtseinheiten, Lefevre Gineau, möglich, das absolute Gewicht eines Kubik-Decimeters Wasser von der größten Dichtigkeit als Einheit der Gewichte (Gramme §. 444) genau auszumitteln.

3. Methoden, das specifische Gewicht starrer Körper zu bestimmen.

453. Je nachdem der auf sein sp. Gewicht zu untersuchende Körper im Wasser unlöslich oder löslich ist; je nachdem er auf demselben schwimmt oder darin untersinkt; je nachdem er endlich eine größere, faßbare Masse oder ein mehr oder weniger feines Pulver darstellt, müssen diese Methoden etwas abgeändert werden.

a. Im Wasser unauflösliche, untersinkende Körper.

454. Man wägt den Körper auf der hydrostatischen Wage zuerst in der Luft (also auf der oberen kurzhängenden Wagschale) dann im Wasser (in dem ins Wasser gesenkten gläsernen Eimerchen), und macht dann die Proportion: wie sich der Gewichtsverlust dieses Körpers im Wasser (also das absolute Gewicht einer gleichen Ausdehnung des Wassers) zu seinem absoluten Gewichte (in der

Luft) verhält; so verhält sich 1000 zu x, dem sp. Gewichte dieses Körpers.

Eine Platin-Medaille wiegt in der Luft . .	1239,75	Gran
im Wasser	1180,75	»

verliert also im Wasser 59 Gran; folglich:
59 : 1239,75 = 1000 : 21,012 sp. Gewichts dieser Platin-Medaille.

Gewicht vom Zinnober in der Luft	8352	Gran
» » » im Wassereimerchen	7287	»

also Gewichtsverlust im Wasser 1065; folglich:
1065 : 8352 = 1000 : 7,842.

b. Im Wasser unauflösliche, aber darauf schwimmende, faßbare Körper.

455. Man wäge den Körper in der Luft; dann binde man ihn mittelst eines feinen Metalldrahtes an ein Stück Metall, z. B. Silber, Bley u. dgl., welches schwer genug ist, ihn unter das Wasser zu versenken. Von dem Stück Metall sammt Faden muß man aber zuvor das Gewicht in der Luft und den Gewichtsverlust im Wasser kennen. Darauf wäge man den an das Metall gebundenen Körper im Wasser. Von dem ganzen Gewichtsverluste ziehe man den schon bekannten Gewichtsverlust des Metalls und des Drahtes ab; so erhält man den Gewichtsverlust des zu untersuchenden Körpers im Wasser. Wie sich dieser Gewichtsverlust (der hier immer mehr als das absolute Gewicht desselben Körpers beträgt) zu seinem absoluten Gewichte verhält, so verhält sich 1000 : x, seinem specifischen Gewichte.

Ein Stück Tannenholz, das Stück Silber und der feine Silberdraht zusammen wiegen in der Luft . . .	1262	Gran
Das Silber sammt dem Drahte wiegt in der Luft .	1235	»
Folglich das Holz allein	27	»
Das Silber sammt Draht verlieren beym Wägen im Wasser	119	»
Silber, Draht und Holz zusammen verlieren	168	»
Also verliert das Holz allein	49	»

Folglich 49 : 27 = 1000 : 551, oder 0,551 sp. Gewicht des Tannenholzes.

c. Im Wasser unauflösliche, darauf schwimmende, nicht faßbare Körper, in Körnern, Pulver, Staub u. dgl.

456. Ein tarirtes Fläschchen mit eingeriebenem Stöpsel fülle man mit reinem Wasser und suche das absolute Gewicht des letz-

ren. Nun schütte man in das entleerte Fläschchen die vorher gewogene, zu untersuchende, pulvrige Substanz, fülle den übrigen Raum mit Wasser aus, warte bis sich keine Luftblasen mehr entwickeln und wäge es wieder. Es wird nun weniger wiegen als es vorher mit Wasser allein gefüllt gewogen hatte. Dieser Gewichtsverlust mehr dem Gewichte der pulvrigen Substanz kömmt mit dem absoluten Gewichte einer Ausdehnung Wassers, die jener der pulvrigen Substanz gleich ist, oder dem Gewichtsverluste dieser Substanz im Wasser überein, und wie sich dieser verhält zum absoluten Gewichte, so verhält sich 1000 : x.

Holzkohlenstaub wiegt in der Luft	100	Gran
Das Wasser im Fläschchen wieget	1800	»
Holzkohle und Wasser zusammen im Fläschchen . . .	1620	»
also Gewichtsverlust	180	»

180 × 100 = 280; folglich 280 : 100 = 1,000 : 0,357 sp. Gewichts des Holzkohlenstaubes.

Dieses Verfahren kann man auch bey feinen Pulvern anwenden, die im Wasser zwar untersinken, aber sich doch darin leicht vertheilen, wie z. B. alle fein gepulverten Erden. — Leslie bedienet sich zur Bestimmung des sp Gewichts pulvriger Substanzen aller Art, folgenden sinnreichen Verfahrens. Die oben und unten offene, ungefähr 3 Fuß lange Röhre a z (Fig. 217) ist oben von a bis b 0,4, tiefer unten von b bis z aber nur 0,2 Zoll weit; der letztere Theil muß über dieß durch Calibriren seiner ganzen Länge noch genau gleich weit befunden worden seyn. Auf einer Seite ist die Länge dieser Röhre in Zolle, Linien u. s. w., auf der entgegengesetzten in solche Räume getheilt, welche der Ausdehnung Eines Gran Wassers bey einer bestimmten T. entsprechen. Bey b communicirt der engere Theil der Röhre mit dem oberen weiteren durch eine so feine Oeffnung, daß wohl der Luft, keineswegs aber einem noch so feinen Pulver der Durchgang gestattet werde. Die Mündung der Röhre bey a kann durch eine aufgeschliefene Glasplatte luftdicht geschlossen werden. Diese Röhre wird zuerst in das etwas weitere Quecksilbergefäß m n senkrecht so weit eingetaucht, bis das Quecksilber innerhalb und außerhalb der Röhre genau bis an das Diaphragma bey b reichet, daß also der Theil der Röhre z b mit Quecksilber und nur b a mit Luft (welche die dem gleichzeitigen Barometerstande entsprechende Dichtigkeit besitzet) gefüllt ist. In dieser Lage wird die obere Mündung a mit der Glasplatte luftdicht geschlossen und darauf die Röhre senkrecht so weit aus dem Quecksilber gehoben, daß die Quecksilbersäule innerhalb der Röhre um die halbe gleichzeitige Barometerhöhe sich über den äußeren Quecksilberspiegel er-

hebet; also um 14 Zoll, wenn das Quecksilber im Barometer 28 Z. hoch stehet. Das Quecksilber in der Röhre soll nun bis x reichen. Bey dieser Lage wird die früher in a b enthaltene Luft nur von dem halben Gewichte der Atm. zusammengedrückt; sie wird sich folglich auf das doppelte Volumen ausdehnen; die Hälfte derselben wird daher durch die feine Oeffnung in dem Diaphragma bey b dringen und sich in dem Raume b x über dem Quecksilber verbreiten. Weil aber gerade nur die Hälfte der früher in a b enthaltenen Luft sich in b x verbreitet, die andere Hälfte in a b bleibt, so muß der Rauminhalt von b x genau dem Rauminhalte von a b gleich seyn. Den Punct x bezeichnet man für immer auf der Röhre. Soll nun das sp. Gewicht einer pulvrigen Substanz, z. B. von Schießpulver, bestimmt werden, so schüttet man eine beliebige, doch genau gewogene Menge derselben in a b, taucht die Röhre wieder senkrecht langsam bis an b in das Quecksilber, hebt sie, nachdem die Mündung a mittelst der Glasplatte luftdicht verschlossen worden ist, senkrecht in die Höhe, bis die Quecksilbersäule in derselben sich um die halbe, gleichzeitige Barometerhöhe über den äußeren Quecksilberspiegel erhebt. Die Hälfte der in a b nebst den Pulverkörnern und zwischen denselben enthaltenen Luft wird nun auch sich in dem Raume über dem Quecksilber in der Röhre b z verbreiten, aber, weil um jenen Raum, den die Substanz des Pulvers selbst einnimmt, weniger Luft in a b ist, so wird auch der Raum, den dieselbe nach der Dilatation in der Röhre b z erfüllt, genau um eben so viel kleiner seyn, daher nicht nach x, sondern z. B. nur nach y reichen. Die Differenz zwischen x und y wird also genau dem Rauminhalte der pulvrigen Substanz (ohne Zwischenräume) gleich seyn. Auf der Scale an der entgegengesetzten Seite der Röhre findet man, wie viele Grane Wasser zur Erfüllung dieses Raumes erforderlich sind; das absolute Gewicht der pulvrigen Substanz hat man früher durch Wägen in der Atm. gefunden; man kennet also das absolute Gewicht einer gleichen Ausdehnung des Wassers und der pulvrigen Substanz; wie sich diese zu einander verhalten, so verhält sich 1,000 zu dem sp. Gewichte des Pulvers. Dem Irrthume, der durch die ungleiche Verdichtung der Luft in den Zwischenräumen verschiedenartiger Substanzen entstehen könnte, begegnet Leslie durch Vergleichung der Ausdehnung, welche diese Luft unter verschiedenem Luftdrucke, z. B. unter 10 und 20 oder 7 und 14 Zoll Quecksilberhöhe, hat; indem poröse Körper von dichterer Luft, dem Raume nach, nicht mehr als von dünnerer Luft derselben Art absorbiren (§. 112). — Nach dieser Methode fand Leslie das sp. Gewicht der Holzkohle (welches auf die gewöhnliche Art von 0,280 bis 0,440 bestimmt worden ist) größer als jenes des Diamants, das des Mahagoniholzes = 1,680, des Weizenmehles = 1,560, des Zuckers = 1,830, des Kochsalzes = 2,15, der

scheinbar sehr leichten vulkanischen Asche = 4,4 (Kastner's Archiv 8, 328).

d. Im Wasser unlösliche, dasselbe aber einsaugende, darin untersinkende Körper.

456. Man wäge zuerst den Körper trocken in der Luft. Dann lasse man ihn so lange in Wasser liegen, bis er nichts mehr einsaugt, wäge ihn wieder und bemerke die Gewichtszunahme. Darauf wäge man denselben im Wasser. Zu dem sich dabey ergebenden Gewichtsverluste addire man die durch das Einsaugen des Wassers erhaltene Zunahme und verfahre dann weiter, wie gewöhnlich.

Ein Stück Sandstein wiege trocken in der Luft . .	1000 Gran
Mit Wasser voll gesogen	1520 »
Das eingesogene Wasser wiegt also	20 »
Dieser vollgesogene Sandstein verliere im Wasser von seinen 1000 Gran absoluten Gewichtes	430 »
Dazu die 20 Gran des eingesogenen Wassers, macht .	450 »

Folglich 450 : 1000 = 1,000 : 2,222 sp. Gewicht des trocknen Sandsteines.

Sollen diese Resultate ganz richtig seyn, so darf sich der Körper durch das Einsaugen nicht auch aufblähen, wie z. B. ein Schwamm, Strick u. dgl.

e. Im Wasser lösliche Körper.

458. Man wäge sie in der Luft, dann im Weingeiste, Aether, oder in einer andern Flüssigkeit von bekanntem sp. Gewichte, worin sie nicht auflöslich sind, und bemerke den Gewichtsverlust. Dann rechne man gerade so, als wäre die Flüssigkeit Wasser; nur daß man statt 1000 das sp. Gewicht der Flüssigkeit setzet, worin der Körper gewogen worden ist.

Absolutes Gewicht von einem Stücke Steinsalz . . .	100 Gran
Verlust in Alkohol	40,41 »
Specifisches Gewicht des Alkohols	0,866 »

Folglich 40,41 : 100 = 866 : 2,143 sp. Gewicht des Steinsalzes.

Auf ähnliche Art verfährt man, wenn das Wasser nicht die Normal-Temperatur (der größten Dichtigkeit) hat. Man sucht nähmlich in der Tabelle, Seite 415, das sp. Gewicht des Wassers bey der T. die es hatte, indem der starre Körper darin gewogen wurde; dann setzt man in der Rechnung statt 1000 die Zahl, welche das sp. Gewicht des Wassers bey der genannten T. ausdruckt; so erhält man als Resultat das sp. Gewicht des untersuchten starren Körpers gegen Wasser von der größten Dichtigkeit. Ein Stück frisch durchgepreßter

gut getrockneter Phosphor wiegt in der Luft 244,5 Gr.; beym Wägen in Wasser von + 16° R. verlieret er 134,25 Gr. + 16° R. machen + 20° C. Bey dieser T. findet man in der Tabelle 0,99845 als das sp. G. des Wassers. Nun heißt es 134,25 : 244,5 = 0,99845 : 1,819. — Bey sehr genauen Versuchen muß auch die Volums-Veränderung in Rechnung gebracht werden, welche der untersuchte starre Körper beym Wägen in dem flüssigen von einer bestimmten T. erleidet.

Von manchen Substanzen, z. B. von den Metallen der Alkalien, welche so veränderlich sind, daß man sie nicht ins Wasser, ja nicht einmahl an die Luft bringen darf, findet man das sp. Gewicht dadurch, daß man eine auf sie nicht einwirkende Flüssigkeit sucht, in der sie eben unterzusinken anfangen: das sp. Gewicht dieser Flüssigkeit ist dann beynahe auch jenes der untersuchten Substanz. — Hare mittelt das Verhältniß der Wassermengen, welche bey Bestimmung des sp. Gewichts starrer und tropfbarer Substanzen mittelst einer hydrostatischen Wage statt der gewöhnlichen Gewichte angewendet werden sollen, durch eine ähnliche Meßröhre mit einer graduirten Kolbenstange aus, deren er sich bey seinem Eudiometer bedienet, und nennet die ganze Vorrichtung Chyometer (§. 382* Baumgartner's Zeitschrift 1, 311).

Aräometrie.

449. Nach den angegebenen Methoden kann das sp. Gewicht am genauesten genommen werden. Wo es aber mehr auf Leichtigkeit und Geschwindigkeit, als auf die höchste Genauigkeit ankommt, leisten die Aräometer (Senkwagen, Dichtigkeitsmesser) gute Dienste. Es gibt davon zwey Arten: Aräometer mit Gewichten und Aräometer mit Scalen.

Man bedienet sich der Aräometer zwar vorzüglich zur Bestimmung des sp. Gewichts tropfbarer Substanzen; doch kann man sie auch leicht zur Bestimmung des sp. Gewichts starrer Körper geeignet machen (Aräometer zur schnellen Bestimmung des sp. Gewichts starrer Körper: in Baumgartner's Zeitschrift u. s. w. 1, 5).

500. Das Aräometer mit Gewichten heißt auch das Nicholson'sche Gravimeter. Es besteht, wie Fig. 218 zeigt, aus einem hohlen Cylinder A (meistens von Silberblech, oder besser von Glas), an dem unten ein conischer, schälchenförmig vertiefter Senker B hängt, um das Instrument im Wasser senkrecht zu halten. Oben trägt es auf einem ungefähr 3 Zoll langen, in der Mitte mit einem Ringe f bezeichneten Platindrahte ein silbernes Kreuz d,

auf welchem ein bewegliches silbernes Schälchen b für die Gewichte ruht. Das ganze Instrument muß specifisch leichter seyn als die leichteste Flüssigkeit, deren sp. Gewicht man damit bestimmen will, weil es nur zu gebrauchen ist, wenn es schwimmt. Wenn man mittelst dieses Gravimeters das sp. Gewicht einer tropfbaren Flüssigkeit nehmen will, so suche man zuvor das absolute Gewicht des Instrumentes. Dann stelle man es in destillirtes Wasser und lege so lange Gewichte auf das Schälchen, bis das Gravimeter genau an den Ring f des Platindrahtes eintaucht. Dieses Gewicht, sammt dem Gewichte des Gravimeters, ist zugleich das Gewicht eines dem eingetauchten Theile des Instrumentes gleichen Volumens Wassers. Dann tauche man das Gravimeter in die zu untersuchende Flüssigkeit und bemerke, wie viel Gewichte in das Schälchen gelegt werden müssen, bis es in dieser zu dem Zeichen f eintaucht. Die Gewichte im Schälchen sammt dem absoluten Gewichte des Gravimeters, geben das Gewicht eines dem eingetauchten Theile des Instruments gleichen Volumens der zu untersuchenden Flüssigkeit. Wie sich nun das Gewicht eines gleichen Volumens Wasser und der zu untersuchenden Flüssigkeit zu einander verhalten: so verhält sich 1000 : x, dem sp. Gewichte dieser Flüssigkeit.

Das Instrument wiegt 1000 Gran und braucht, um bis zu f einzutauchen . . . . 314 Gran
Also beyde Gewichte zusammen . . . . 1314 »
Um in dem zu untersuchenden Weingeiste bis an f einzutauchen, muß man auf die Schale legen . . . . . 65 »
Dieses Gewicht sammt dem des Instrumentes macht . . 1065 »
1314 und 1065 sind also die absoluten Gewichte gleicher Volumen vom Wasser und von dem Weingeiste; folglich: 1314 : 1065 = 1000 : 0,810, dem sp. Gewichte des Weingeistes.

501. Dieses Instrumentes bedienet man sich am häufigsten zur Bestimmung des sp. Gewichtes starrer Körper. In diesem Falle ist es am besten von Silber, weil es nur in destillirtes Wasser eingetaucht werden darf. Auch braucht man dazu sein absolutes Gewicht nicht zu kennen. Man untersucht erstens, wie viel Gewicht man auf das Schälchen legen muß, damit das Gravimeter in destillirtem Wasser bis an das Zeichen f eintauche: dieses nennt man das Normal-Gewicht und schreibt es für immer, z. B. am Futterale des Instrumentes, auf. Dann nimmt man die Gewichte aus dem Schäl-

chen, legt den auf sein spec. Gewicht zu prüfenden Körper hinein, und so lange Gewichte zu, bis das Instrument wieder an das Zeichen f eintaucht. Die zugelegten Gewichte von dem Normal-Gewichte abgezogen, geben das absolute Gewicht des Körpers. Darauf legt man den Körper in das Schälchen c am Senker, wägt ihn also im Wasser. Das Gewicht, welches man nun in das obere Schälchen legen muß, ehe das Gravimeter das bekannte Zeichen f erreicht, wird mehr betragen als das vorige: diese Differenz gibt den Gewichtsverlust des Körpers im Wasser an. Wie sich nun dieser verhält zu seinem absoluten Gewichte, so verhält sich 1000 zu seinem sp. Gewichte.

Das Normalgewicht des Gravimeters sey . . . . 314 Gran. Wenn man ein Stück Calomel in das obere Schälchen legt, braucht man nur 10 Gran Gewicht zuzulegen; also absolutes Gewicht des Stückchens Calomel 314 — 10 = 304 Gran.

Wenn dasselbe Stückchen Calomel im untern Schälchen liegt, braucht man 65 Gran; es verliert also beym Wägen im Wasser 55 Gran. Folglich 55 : 304 = 1,000 : 5,527 dem sp. Gewichte des Calomels.

Das sp. Gewicht läßt sich mit diesem Instrumente weder leichter noch geschwinder nehmen: nur auf Reisen gewährt es den Vortheil, daß es bequemer zu transportiren ist als eine hydrostatische Wage, und daß man es sowohl für starre (freylich nur von einem beschränkten absoluten Gewichte) als für flüssige Substanzen brauchen kann. — Auf demselben Grundsatze beruht die Wage, von der oben 445* gesprochen wurde.

502. Die Aräometer mit Scalen sind hohle, entweder gleichförmig cylindrische a (Fig. 219), oder bauchige, unten mit einem Senker c (Fig. 220 und 221), oben mit einer Scalenröhre b versehene Körper, die in den zu untersuchenden Flüssigkeiten nie ganz untertauchen, sondern darin senkrecht schwimmen müssen. Sie sind nur für tropfbare Körper anwendbar. Ihr Gebrauch beruht auf dem hydrostatischen Grundsatze (§. 99), daß ein schwimmender Körper von unveränderlichem Gewichte (und solche sind die eben beschriebenen Scalen-Aräometer) in leichteren Flüssigkeiten tiefer und in schwereren Flüssigkeiten weniger tief eintaucht, und daß der Kubik-Inhalt des eingetauchten Theils desselben sich verkehrt wie das sp. Gewicht der Flüssigkeit verhalte. Den Grad des Eintauchens zeigt die an der Röhre angebrachte Scale. Wenn nun die Scale nach Versuchen so eingerichtet ist, daß sie das sp. Gewicht der Flüssigkeit

anzeigt, in welcher das Instrument bis zu diesem Grade eintaucht; so kann man auf solche Weise das sp. Gewicht von Flüssigkeiten sehr leicht und geschwind finden.

Aus dem obigen Satze folgt auch, daß die absoluten Gewichte zweyer Körper, die beym Schwimmen auf zwey Flüssigkeiten von verschiedenem sp. Gewichte mit dem nähmlichen Kubik-Inhalte eintauchen, sich verkehrt wie die sp. Gewichte dieser Flüssigkeiten verhalten. Gleichförmige, cylindrische Glasröhren, mit eingeschmolzenen, auf Papier geschriebenen Scalen, und mit einer etwas weiteren Glasröhre (Fig. 219 bb.) als Eintauchungsgefäß versehen, wie sie zuerst von Richter verfertigt wurden, nun aber in größerer Vollkommenheit vom Herrn Prof. Meißner und von den Herren Schober und Pecher in Wien dargestellt werden, sind zwar etwas gebrechliche, aber doch die bequemsten Instrumente dieser Art, mit denen man das specifische Gewicht auch sehr geringer Quantitäten von Flüssigkeiten bestimmen kann.

503. Die Scalen der Aräometer waren anfänglich nicht so eingerichtet, daß sie das sp. Gewicht der Flüssigkeit angegeben hätten; sondern die Eintheilung in Grade war ganz willkührlich. Solche Aräometer konnten also nur lehren, daß zwey Flüssigkeiten, z. B. zwey Sorten von Weingeist, in welchen ein und dasselbe Instrument bis auf den nähmlichen Grad eintauchte, von gleichem specifischen Gewichte seyen, oder daß diejenige schwerer sey, in die es weniger, und diejenige leichter, in die es tiefer eintauchte. Solcher Instrumente bediente man sich vorzüglich in jenen Anstalten, wo Salzlaugen bis auf einen durch Erfahrung bestimmten Grad concentrirt seyn mußten, um zur weiteren Verarbeitung, wie zum Einsieden oder Krystallisiren u. dgl., tauglich zu seyn: z. B. in Salpeter- oder Salzsiedereyen, wo man sie Salpeter- oder Salzspindeln hieß. — Die Grade von mehreren solchen Instrumenten stimmten aber nicht mit einander überein. In derselben Flüssigkeit zeigt das eine Instrument 10, das andere 25 Grade u. dgl. Beaumé suchte also dadurch correspondirende Aräometer zu machen, daß er jedes Instrument in zwey Flüssigkeiten von verschiedenem aber von sehr beständigem spec. Gewichte eintauchte; und zwar in reines Wasser und in eine Lauge aus 9 Theilen Wasser und aus Einem Theile Kochsalz bey einer bestimmten Temperatur. Den Abstand zwischen diesen zwey Puncten theilte er in 10 gleiche Theile, die er seine Grade nannte, und seiner Scale dann weiter

aufwärts für leichtere Flüssigkeiten als Wasser, und abwärts für schwerere Flüssigkeiten auftrug. — Wenn die Instrumente auf diese Art genau verfertigt werden (vorzüglich wenn die Scalenröhre streng cylindrisch ist), so müssen sie alle in derselben Flüssigkeit bis auf den nähmlichen Grad eintauchen. — Weil bey einem Instrumente, welches sowohl für Flüssigkeiten die leichter als für solche die schwerer als Wasser sind, bestimmt ist, die Scale zu lang ausfallen, und weil dasselbe theils durch diese Länge, theils durch das vermehrte Schwanken, durch die Schwierigkeit es in schweren Flüssigkeiten senkrecht zu erhalten, und auch dadurch, daß man zu große Quantitäten vorzüglich von leichteren Flüssigkeiten zur Untersuchung nöthig hätte, unbequem werden würde: so machte Beaumé eigene Instrumente für Flüssigkeiten, die schwerer, und eigene für Flüssigkeiten, die leichter als Wasser sind. Bey ersteren (Fig. 220) ist der Punct, bis auf den sie in reinem Wasser eintauchen, ganz oben, heißt Null (0), und die Grade werden von oben nach unten gezählt: eine Schwefelsäure von 30° Beaumé ist also schwerer, als eine Schwefelsäure von 25° B. Bey dem Instrumente für leichtere Flüssigkeiten als Wasser (Fig. 221) ist der Punct, auf welchem sie im destillirten Wasser stehen, ganz unten mit 10 bezeichnet, und die Grade werden von unten nach oben gezählt: Alkohol von 40° B. ist also leichter als Alkohol von 32° B.; Alkohol von 10° B. gibt es nicht, denn dieser wäre destillirtes Wasser.

Aus den eben angeführten Gründen bestimmen unsere heutigen Aräometermacher für Flüssigkeiten, die leichter und die schwerer als Wasser sind, nicht, wie Richter, eine gemeinschaftliche, sondern für jede von beyden eine besondere Röhre. Die erwähnten Gründe mußten bey dieser Art von Instrumenten wegen ihrer ohnehin beträchtlicheren Länge und wegen der engen Eintauchsröhre noch mehr berücksichtigt werden. Bey einer so langen Röhre, als erforderlich wäre, um die Scale für beyde Arten von Flüssigkeiten aufzunehmen, würde das Schwanken, Schiefstehen und Anstreifen, wodurch die Richtigkeit oder doch wenigstens die Empfindlichkeit des Instrumentes nothwendig leiden muß, nicht zu vermeiden seyn.

504. Um diese Instrumente für gewisse Zwecke noch bequemer einzurichten, zeigen die Grade bey gemischten Flüssigkeiten die Procente dem Gewichte oder Umfange nach an, in welchem der Hauptkörper vorhanden ist. Dann gehöret aber für die Mischung jeder zwey Flüssigkeiten ein eigenes Instrument mit einer genau nach der

Erfahrung eingerichteten Scale. Das Instrument, welches in einer Auflösung von Salpeter in Wasser die Procente des ersteren angibt, ist für eine Pottaschen-Auflösung gar nicht anwendbar; eben so wenig kann ein Alkohol-Procenten-Aräometer als ein Ammoniak-Procenten-Aräometer gebraucht werden. Es gibt also Aräometer, deren Grade die Procente von absolutem Alkohol angeben, die in was immer für einem Weingeiste, der nichts als Wasser beygemischt hat, enthalten sind; andere die Procente vom reinsten Ammoniak, von der möglichst wasserfreyen Schwefel-, Salpeter- und Salzsäure, von Salpeter in einer Salpeterlauge, von Pottasche in einer Pottaschlauge u.dgl.m.: diese heißen Gewichts-Procenten-Aräometer. Andere geben an, wie viel Maß Alkohol in 100 oder in 40 Maß (einem Eimer) eines gewissen Weingeistes vorhanden sind, u.dgl.: diese heißen Umfangs-Procenten-Aräometer. Es gibt auch gemischte Aräometer, welche z. B. angeben, wie viel Pfund Pottasche in einem Eimer Lauge aufgelöset sind.

Wenn man Aräometer besitzet, welche genau das sp. Gewicht angeben, so kann man die andern Instrumente leicht entbehren: indem es schon nach der Erfahrung verfertigte Tabellen gibt, welche anzeigen, wie sich die Beaumé'schen Grade zu dem spec. Gewichte verhalten, und wie viel in einer gewissen Flüssigkeit von bestimmtem spec. Gewichte von dem einen oder dem andern Körper vorhanden ist, z. B. wie viel ein Weingeist von bestimmtem spec. Gewichte reinen Alkohol, wie viel eine verdünnte Schwefelsäure von bestimmtem spec. Gewichte reine Schwefelsäure enthalte, u. dgl.

505. Bey dem Gebrauche der Aräometer, so wie bey der Bestimmung des spec. Gewichtes überhaupt, muß auf die Temperatur sehr viel Rücksicht genommen und die Versuche müssen, wo möglich, bey jener Temperatur angestellt werden, für welche die Instrumente eingerichtet sind, und welche daher bey besseren Instrumenten immer in der Nähe der Scale angezeigt ist. Sonst muß man immer die T. angeben, bey welcher der Versuch gemacht worden ist, und die Resultate derselben auf eine bestimmte T. reduciren. Bey dem Umfangs-Procenten-Aräometer kann durch vernachlässigte Berücksichtigung der T. innerhalb der Abwechslungs-Extreme derselben in der Atm., eine Unrichtigkeit von mehr als 12 pCt. entstehen. — Die Instrumente müssen sehr rein gehalten werden, in der Flüssigkeit senkrecht stehen, nicht mit Gewalt unter dieselben gedrückt werden,

weil etwas davon hängen bleibt, das absolute Gewicht des Aräometers vermehrt und dadurch seine Aussagen etwas unrichtig macht.

Reductions-Tabelle der Beaumé'schen Aräometergrade auf das specifische Gewicht.

Für Flüssigkeiten, welche schwerer sind als Wasser.						Für Flüssigkeiten, welche leichter sind als Wasser.			
Gr.	Spec. Gewichte.	Gr.	Spec. Gewichte.	Gr.	Spec. Gewichte.	Gr.	Spec. Gewichte,	Gr.	Spec. Gewichte.
0	1.0000	30	1.2605	60	1.7047	10	1.0000	40	0.8287
1	1.0069	31	1.2716	61	1.7250	11	0.9931	41	0.8239
2	1.0139	32	1.2828	62	1.7457	12	0.9864	42	0.8193
3	1.0211	33	1.2943	63	1.7669	13	0.9797	43	0.8147
4	1.0283	34	1.3059	64	1.7888	14	0.9731	44	0.8102
5	1.0356	35	1.3177	65	1.8111	15	0.9666	45	0.8057
6	1 0431	36	1.3298	66	1.8340	16	0.9603	46	0.8013
7	1.0506	37	1.3421	67	1.8574	17	0.9539	47	0.7969
8	1.0583	38	1.3546	68	1.8815	18	0.9477	48	0.7925
9	1.0661	39	1.3674	69	1.9062	19	0.9416	49	0.7882
10	1.0740	40	1.3804	70	1.9316	20	0.9355	50	0.7839
11	1.0820	41	1.3937	71	1.9577	21	0.9295	51	0.7815
12	1.0901	42	1.4072	72	1.9844	22	0.9236	52	0.7756
13	1.0983	43	1.4210	73	2.0119	23	0.9177	53	0.7714
14	1.1067	44	1.4350	74	2.0402	24	0.9120	54	0.7691
15	1.1152	45	1,4493	75	2.0693	25	0.9063	55	0.7653
16	1.1239	46	1.4640			26	0.9007	56	0.7593
17	1.1326	47	1.4789			27	0.8951	57	0.7554
18	1.1415	48	1.4941			28	0.8896	58	0.7515
19	1.1506	49	1.5097			29	0.8842	59	0.7476
20	1.1598	50	1.5255			30	0.8788	60	0.7438
21	1.1691	51	1.5417			31	0.8735	61	0.7400
22	1.1786	52	1.5583			32	0.8683	62	0.7362
23	1.1883	53	1.5752			33	0.8632		
24	1.1981	54	1.5925			34	0.8580		
25	1.2080	55	1.6101			35	0.8530		
26	1.2182	56	1.6282			36	0.8480		
27	1 2285	57	1.6467			37	0.8431		
28	1.2390	58	1.6656			38	0.8382		
29	1.2497	59	1.6849			39	0.8334		

Diese Tabelle haben die Herren k. k. Artillerie-Officiere Alois Schober und Jos. Pecher verfertigt nach einem Beaumé'schen Aräometer, welches sie nach den oben (§. 305) angegebenen, von Beaumé befolgten Principien, von Grund auf neu gemacht hatten. Die Angaben stimmen mit jenen von Gilpin (*Ann. de Chimie* 23, 183), dann von Huß (3te Aufl. S. 743), ziemlich genau überein, weichen aber von denen des Ritters von Gerstner (Neumann's Chemie S. 185), bedeutend ab.

P. T. Meißner's Aräometrie in ihrer Anwendung auf Chemie und Technik. Wien 1816. — A. Baumgartner's Aräometrie, oder Anleitung zur Bestimmung des spec. Gewichtes und zur Verfertigung genauer Aräometer für Chemisten und Technologen. Wien 1820, bey J. G. Heubner. — J. L. Gay-Lussac's Anweisung zum Gebrauche des 100theiligen Alkoholmessers und der dazu gehörigen Tafeln. Paris 1824.

Specifisches Gewicht einiger Körper.

Platin, geprägt	21.343
» gehämmert	21.314
Platinpulver im Porzellanfeuer zusammen gesintert	17.894
Platinkorn von 100 Gr. geschmolzen von Clarke	20.855
Platindraht	19.267
Platinasand	15.601
Gold, gehämmert	19.361
» gegossen	19.258
» gediegenes	13.000—18.000
Wolfram	17.600
Quecksilber, gefroren	15.612
» bey 0 R.	13.599
» bey + 3°,5 R.	13.586
Palladium, gewalzt	11.800
Bley	11.352
Bleysulfurid	7.759
Rhodium	11.000
Silber, gehämmert	10.622
» gegossen	10.474
» gediegen	10.000—11.091
Kobalt, gestreckt	9.150
» gegossen	7.811
Wismuth	9.832
Uran	9.000
Kupfer, gehämmert	9.000
» Draht	8.878
» gegossen japanisch, nach Thomson	8.434
Malachit	3.590
Molybdän	8.600
Nickel, gestreckt	8.666
» gegossen	8.279
Packfong (Kaffehlöffel)	8.764
Kadmium	8.604
Arsen	8.308
Zinn, englisch gegossen	7.291
» » gehämmert	7.299
Stahl	7.810—7.833
Schmiedeisen	7.788
Meteoreisen	7.600—7.830
Roheisen	7.207—7.250
Zink, gehämmert	7.861
» gegossen	7.215
Mangan	7.000
Schwarzer Braunstein	2.922
Antimon	6.702
Tellur	6.115
Chrom	5.900
Chromeisen	4.262
Baryum nach Davy	4.000
Natrium	0.972
Kalium	0.865
Silberhornerz	4.804
Rothgültigerz	5.640
Weißgültigerz	5.322
Sapphir, orient.	4.830—4.290
Sapphir, brasil	3.130
Zirkon	4.000—4.700
Hyazinth	4.350—4.600
Topas	3.530—3.660
Granat, edler	3.839—4.230
» gemeiner	3.668—3.757
Smaragd	2.678—2.775
Bergkrystall	2.685—2.888

Quarz	2.654
Feuerstein	2.594—2.700
Chalcedon	2.207—2.691
Jaspis, gemeiner	2.358—2.764
Onix	2.816
Opal	1.700—2.114
Bimsstein	0.914—1.647
Feldspath	1.841—2.717
Porzellanerde	2.230—2.400
Töpferthon	1.800—2.000
Schwimmstein	0.405—0.797
Tripel	2.529
Glimmer	2.654—2.934
Hornblende	2.922—3.410
Basalt	2.421—2.900
Wacke	2.622—2.893
Lava	2.795—2.823
Meerschaum	0.299—1.600
Bergmehl	0.362—1.372
Walkererde	1.500—2.000
Serpentin	1.840—2.688
Bitterspath	2.926
Bergkork	0.680—0.993
Asbest, biegsamer	0.908—2.444
» gemeiner	2.050—2.800
Kreide	2.252—2.675
Kalkstein, dichter	2.456—2.720
Marmor von Paros	2.837
» von Carrara	2.710
Kalkspath	2.723
Arragonit	2.947
Mergel	2.400—2.600
Gyps	1.875—2.964
Selenit	2.332
Flußspath	3.094—3.194
Apatit	3.128—3.218
Schwerspath	4.387
Witherit	4.270—4.435
Baryt	3.300—4.800
Strontianit	3.400—3.958
Schwefels. Strontian	2.959
Meteorsteine	3.550—3.600
Steinsalz	2.143—2.412

Polyhalit	2.769
Demant	3.500—3.530
Schwefel	1.920—1.990
» krystallisirt	2.033
Bernstein	1.065—1.085
Kopal	1.139
Steinkohlenarten	1.232—1.510
Graphitarten	1.000—2.245
Erdpech	0.902—2.791
Bergtheer	1.100
Perlen	2.750
Korallen	2.690
Elfenbein	1.825—1.917
Gummi, arabisches	1.452
Holl. Buchsbaumholz	1.330
Traganth	1.316
Campher	0.988
Ebenholz	1.209
Altes Eichenkernholz	1.170
Gummilak	1.139
Hühnereyer	1.090
Colophonium	1.072—1.080
Mahagonyholz	1.065
Wallrath	0.943
Butter	0.942
Federharz	0.933
Indigo	0.769
Erlenholz	0.800
Pflaumenholz	0.785
Birnbaumholz	0.661
Lindenholz	0.604
Tannenholz	0.550
Pappelholz	0.383
Korkholz	0.240
Holzkohle	0.280—0.440
Calomel	5.600
Arsensäure	3.391
» concentrirteste wässerige Lösung	2.550
Arsenfluorid	2.730
Phosphor	1.821
Phosphorsäure	2.687
Bleyzucker	2.395

Kohlensaures Bley	6.729
Dupplicatsalz	2.571
Glaubersalz	2.246
Jod	4.948
Selen	4.310
Salpeter	1.900
Zinkvitriol	1.900
Weinsteinrahm	1.900
Eisenvitriol	1.880
Borsäure, geschmolzen	1.808
» krystallisirt	1.480
Borax	1.720
Boraxglas	2.600
Alaun	1.714
Natronhydrat	1.536
Kalihydrat	1.708
Strontian	1.640
Reine Alaunerde	2.000
Süßerde	2.967
Zirkonerde	4.300
Yttererde	4.842
Bittererde	2.300
Kieselerde	2.660
Spiegelglas:	
von St. Gobin	2 370
» von Neuhaus	2.560
Spiegelglas, englisches	2.450
Glaubersalzglas	2.437

Krystallglas	2.8—3.0
Flintglas, schwerstes engl.	3.329
» französisches	3.15—3.20
Straß	3.5—3.60
Bleyoxyd verglast	8.25
Zucker, weißer	1.606
Weinsteinsäure	1.596
Kleesäure	1.507
Schwefelsäure	1.850
Schwefelchlorid	1.600
Salpetersäure	1.625
Schwefelalkohol	1.272
Salzsäure	1.200
Flußsäure	1.061
Essigsäure	1.063
Aetherische Oehle	0.896—1.043
Weine	0.916—1.040
Fette Oehle	0.853—0.966
Ammoniak, tropfbares	0.875
Alkohol	0.791
Arsenikäther	0.690
Essigäther	0.882
Salzäther	0.874
Brandiger Essiggeist	0.787
Schwefeläther	0.717
Bergnaphta, rectificirte	0.758
Blausäure (b. + 5° R.)	0.705

Das sp. Gewicht des gesammten Erdballes ist nach Maskeline 4,500, nach Playfair's 4,713, nach Cavendish 5,480. Das sp. Gewicht des menschlichen Körpers nach Musschenbroek 1,111. Das spec. Gewicht des Eises nach Musschenbroek 0,918. Nach Meineke verhält sich das sp. Gewicht des Eises bey 0 zu jenem des Wassers bey + 12°,5 R. wie 0,885 : 1000. — Meerwasser 1,025. Wasser aus dem todten Meere 1,240.

Elastisch flüssige Substanzen.

Nahmen der Gas- oder Dampfarten.	Spec. Gewicht		Absolutes Gewicht in Wiener Granen von		Nahmen der Beobachter.
	das der atm. Luft = 1.0000	das des Wassers bey 3.5 = 1.00000	1 Wiener	1 Pariser	
			Kubik-Zoll.		
Atmosphärische Luft	1.0000	0.00130	0.326236	0.454021	
Hydrojodgas	4.4430	0.00578	1.43767	1.57282	Gay-Lussac.
Kiesflußsaures Gas .	3.5735	0.00462	1.16580	1.26509	John Davy.
Chlorgas	2.4700	0.00321	0.78972	0.87443	Gay-L. u. Thenard.
Flußborsaures Gas .	2.3709	0.00309	0.77347	0.83935	John Davy.
Schwefligsaures Gas	2.1930	0.00285	0.71544	0.77637	Davy.
Blaustoffgas	1.8064	0.00235	0.58931	0.63950	Gay-Lussac.
Oxydirtes Stickgas .	1.5204	0.00198	0.49601	0.53825	Colin.
Kohlensaures Gas .	1.524	0.00199	0.49720	0.53914	Berzelius u. Dulong.
Salzsaures Gas . .	1.2474	0.00162	0.40695	0.44161	Dieselben.
Hydrothiongas . . .	1.1912	0.00155	0.38864	0.42171	Thenard u. Gay-L.
Sauerstoffluft	1.1026	0.00143	0.35971	0.39034	Berzelius u. Dulong.
Salpetergas	1.0388	0.00135	0.33889	0.36776	Berard.
Oehlbildendes Gas .	0.9784	0.00127	0 3191892	0.34637	Th. v. Saussure.
Stickluft	0.9760	0.00127	0.31841	0.34552	Biot und Arago.
Kohlenoxydgas . . .	0.9569	0.00126	0.31218	0.33664	Cruikshank.
Phosphorwasserstoffg.	0.8700	0.00113	0.28383	0.30800	Davy.
Ammoniakgas	1.5967	0.00078	0.19466	0.21124	Biot und Arago.
Kohlenwasserstoffgas	0 5550	0.00072	0.18050	0.19648	Thomson.
Arsenikwasserstoffgas	0.5290	0.00069	0.17258	0.18728	Trommsdorf.
Hydrogengas	0.0688	0.0000895	0.02245	0.02436	Berzelius u. Dulong.
Joddampf	8.6195?	0.01122	2.81199	3.05148	Gay-Lussac.
Hydrojodätherdampf	5.4749	0.00718	1.77711	1.93853	Derselbe.
Dpf. v. Terpentinöhl	5.0130	0.00655	1.64729	1.78118	Derselbe.
„ v. schwer. Salzäth.	3.4434	0.00448	1.12333	1.21904	Colin und Robiquet.
„ v. Schwefelalkohol	2.6447	0.00344	0.86257	0.93728	Gay-Lussac.
„ v. Schwefeläther .	2.5860	0.00337	0 84365	0.915499	Derselbe.
„ v. Salzäther . . .	2.2190	0.00288	0.72392	0.78560	Thenard.
„ v. absol. Alkohol .	1.6133	0.00210	0.52632	0.57114	Gay-Lussac.
„ v. Blausäure . . .	0.9476	0.00123	0.30914	0.33547	Derselbe.
„ v. Wasser	0.6235	0.00082	0.20341	0.22073	Derselbe.

(Bischoff in Berzelius Jahresbericht 1827, S. 74.)

Das sp. Gewicht des durch die Destillation von Steinkohlen erhaltenen Gas geht von 0,300 bis 0,654; des durch die Destillation von fettem Oehle erhaltenen aber von 0,464 bis 4,906.

Die drey letzten Columnen dieser Tabelle sind berechnet auf ganz trockene eiskalte Luft, oder auf eiskalten Dampf bey dem mittleren Barometerstande an der Meeresfläche = 28,895 W. Zoll, unter dem 48 Gr. nördl. Breite. Unter diesen Bedingungen ist eiskaltes Quecksilber 10447 Mahl schwerer als eiskalte atm. Luft (§. 369). Quecksilber von + 3°,5 R. ist 13,58566 Mahl specifi-

schwerer als Wasser von + 3°,5 R.; folglich ist eiskaltes Quecksilber 13,59664 Mahl specifisch schwerer als Wasser von + 3°,5 R. Trockne eiskalte atm. Luft ist demnach 768,4 Mahl leichter als Wasser bey seiner größten Dichtigkeit; oder das spec. Gewicht des letzteren verhält sich zu jenem der ersteren wie 1,0000 : 0,0013. Mittelfeuchte eiskalte atmosphärische Luft ist 769,2 Mahl specifisch leichter als destillirtes Wasser bey seiner größten Dichtigkeit. Bey dem mittleren Barometerstande auf der Wiener Sternwarte ist, alles Uebrige gleich gesetzt, trockne atm. Luft von + 3°,5 R. 797 Mahl leichter als Wasser von der größten Dichtigkeit, oder ihr sp. Gewicht verhält sich wie 0,001255 : 1,000000. — 1 Pariser Kubik-Fuß reinen Wassers wiegt bey + 3°,5 R. 70 Pf. 223 Gr., oder 645343 Gran Pariser Gewicht = 470078,05 W. Gran. Ein Wiener Kubik-Fuß Wasser wiegt also 433158,26 Wiener Gran = 56,4 W. Pfund oder 56 Pf. 12 Loth, 198,26 Gran. Ein Pariser Kubik-Zoll Wasser wiegt 373,46 P. Gran = 272,02 W. Gran; Eine Pariser Kubik-Linie 0,157 W. Gran. Ein Wiener Kubik-Zoll Wasser wiegt 250,67 W. Gran; Eine Wiener Kubik-Linie also 0,145 W. Gran. Nach Stampfer (Jahrb. des polytech. Instituts 16, 1) wiegt ein Kubik-Zoll reinen Wassers im Zustande seiner größten Dichtigkeit bey + 3° R. 18,27092 Grammes, bey 0 R. aber 18,26886 Grammes = 250,65 Wiener Gran. Ein Pariser Kubik-Fuß eiskaltes Quecksilber wiegt 8774498 P. Gran = 6386315 W. Gran. Ein Wiener Kubik-Fuß eiskaltes Quecksilber wiegt 5889497 Gran = 766,837 W. Pf.; ein Wiener Kubik-Zoll eiskalten Quecksilbers wiegt 3406,6 Gran = 14 Loth 46,6 Gr. = 14,1942 Wiener Loth. — Ein Wiener Eimer = 1,792 Wiener Kubik-Fuß destillirten Wassers von der größten Dichtigkeit wiegt 101,07 W. Pf.; eine Wiener Maß = 77,4144 W. Kubik-Zoll desselben Wassers wiegt 2,527 Pf. = 2 Pf. 16 Loth 207 Gran. 1 Wiener Kub. Fuß ganz trockner atmosphärischer Luft wiegt unter den oben angeführten Bedingungen 564 W. Gran. — Ein W. Kubik-Zoll Flintglas von 3,7 sp. G. wiegt 927,5 W. Gran; Ein Pariser Kubik-Zoll 1006,5 W. Gran; Eine W. Kubik-Linie 0,5365 W. Gran; Eine P. Kubik-Linie 0,582 W. Gran. Ein W. Kubik-Zoll Flintglas von 3,5 sp. G. wiegt 875 W. Gran. Ein W. K. Fuß Carraramarmor 152,8 W. Pfund; Ein W. K. Zoll desselben 2,83 W. Loth. Ein W. K. Fuß Stahl 434,28 W. Pfund, Stabeisen 428,64 W. Pfund, weißes Roheisen 423 W. Pf., graues Roheisen 395 W. Pf. Ein W. Kubik-Zoll Stahl wiegt 8, Stabeisen 7,938, weißes Roheisen 7,8, graues 7,31 Wiener Loth.

Sach = Register.

Die Leser werden ersucht, folgende Verbesserungen nachzutragen

Seite 69, Zeile 11, von unten, statt Schwefel 20116 ist zu lesen Schwefel 2041.

— 348	—	6	—	» ihr negativer	der negative.
— 399	—	5	von oben	» Ff	F D.
— 464	—	16	von unten	» 8500	8005.

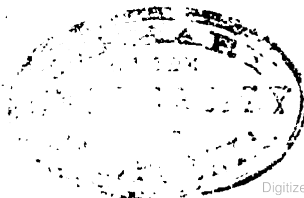




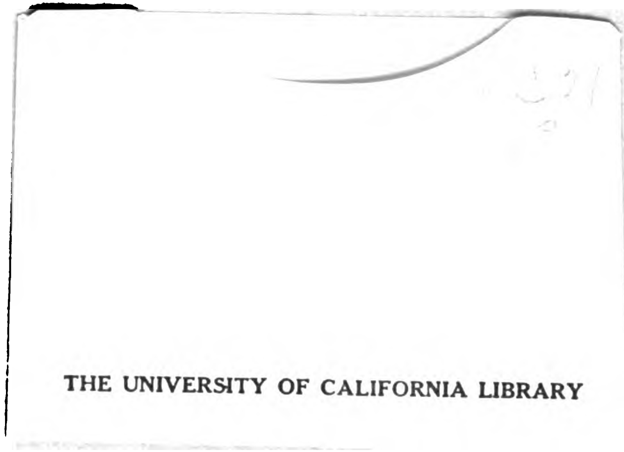
fig.15.b.





2/3




THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY

